



**EVOLUÇÃO DA BARREIRA COSTEIRA HOLOCÊNICA NA REGIÃO DAS  
PRAIAS DA GAMBOA E GUARDA DO EMBAÚ, MUNICÍPIO DE  
PAULO LOPES – SC**

Porto Alegre, 2016

**MARINA DUARTE**

**EVOLUÇÃO DA BARREIRA COSTEIRA HOLOCÊNICA NA REGIÃO DAS  
PRAIAS DA GAMBOA E GUARDA DO EMBAÚ, MUNICÍPIO DE  
PAULO LOPES – SC**

Trabalho de conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Orientadora:** Profa. Dra. Maria Luiza Correa da Camara Rosa

**Orientador:** Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza

**Supervisor:** Prof. Dr. Norberto Olmiro Horn Filho

Porto Alegre, 2016

## **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**Reitor:** Rui Vicente Oppermann

**Vice-Reitor:** Jane Fraga Tutikian

## **INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Duarte, Marina

Evolução da barreira costeira holocênica na região das praias da Gamboa e Guarda do Embaú, município de Paulo Lopes-SC . / Marina Duarte. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.  
[83 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2016.

Orientador(es): Maria Luiza Correa da Camara Rosa  
Coorientador(es): Eduardo Guimarães Barboza

1. Geologia Costeira. 2. Estratigrafia. 3. Georradar. 4. Holoceno.  
I. Título.

CDU 55

---

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Miriam Alves

CRB 10/1947

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA E PETROLOGIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso **EVOLUÇÃO DA BARREIRA COSTEIRA HOLOCÊNICA NA REGIÃO DAS PRAIAS DA GAMBOA E GUARDA DO EMBAÚ, MUNICÍPIO DE PAULO LOPES – SC**, elaborado por Marina Duarte, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Comissão Examinadora:**

MSc. Michel Doeppre Ivanoff

---

Nome do MSc.

Prof. Dr. Sergio Rebello Dillenburg

---

Nome do Professor

Prof. Dr. Ricardo Baitelli

---

Nome do Professor

*Aos meus pais,  
Cesar e Liseli*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha família, meus pais Cesar e Liseli pelo apoio incondicional, pela dedicação, pelo exemplo de pais e de profissionais e por me guiarem nessa caminhada. Vocês me mostraram que a família é o bem mais precioso que temos. Minha irmã, Mariana, que esteve sempre presente em todas as etapas e foi maravilhosa; pelas nossas conversas na madrugada, pelos conselhos, por me tranquilizar e pela inspiração que tu és para mim. Ao meu tio Guga e, novamente, meu pai Cesar por me mostrarem as ciências geológicas!

Minha querida amiga e orientadora Professora Maria Luiza Rosa, palavras não são suficientes para expressar a minha imensa gratidão. Muitas foram as conversas, os conselhos, as instruções que me ajudaram no desenvolvimento dessa monografia e no meu desenvolvimento pessoal. Você é um exemplo de profissional e é uma pessoa única, muito obrigada. Agradeço ao meu orientador Professor Eduardo Barboza, por me orientar e me apresentar o ramo de geologia costeira e ao georradar, pela amizade, pela disposição e pela busca constante por inovações no ramo de geociências, obrigada. Agradeço também ao Professor Norberto Horn Filho pela supervisão e pelos excelentes trabalhos que me guiaram nessa monografia.

As minhas amigas Jade Gräwer e Renata Brandelli Schaan, pela paciência, pelos conselhos, pelos maravilhosos cafés e, claro, pela amizade! Renata, obrigada pelas correções e olhar crítico do meu trabalho, no momento que eu mais precisava. Agradeço aos meus colegas da geologia pela amizade, pelas quintas-feiras, que foram muitas e muito feliz, pelo ENEGEO, pela parceria, pelos campos, pelos churrascos, etc. Ao CAEG (Centro Acadêmico dos Estudantes de Geologia). Aos meus professores que contribuíram tanto para que esse dia chegasse, em especial Professor Rommulo Vieira Conceição, Professora Karin Goldberg, Professor Claiton Marlon dos Santos Scherer que eu tive o prazer de ser bolsista de iniciação científica. Agradeço aos amigos da CPRM e ao meu supervisor Geólogo Leandro Betiollo pela oportunidade de estágio, amizade e pelos conhecimentos. Aos amigos e família que o programa Ciência sem Fronteiras me deu.

Agradeço à UFRGS, ao Instituto de Geociências e seus profissionais. Um agradecimento especial aos motoristas do Instituto pela dedicação e pelo carinho.

Ao Marcelo, por parecer ser tudo tão mais simples quando ele está ao meu lado. Pela compreensão, paciência e pelo mais nobre de todos os sentimentos: o amor.

## RESUMO

O trabalho teve como meta estudar a evolução da barreira costeira holocênica das praias da Gamboa e da Guarda do Embaú, relacionada às variações do nível do mar no Holoceno. As praias localizam-se no município de Paulo Lopes - SC e pertencem ao setor geomorfológico central da Província Costeira Catarinense; representam a porção emersa da Bacia de Pelotas e compreendem depósitos de caráter transicional, compostos por um sistema de leques aluviais e um sistema costeiro do tipo laguna-barreira. A geomorfologia da região sofreu diversas modificações em decorrência das variações climáticas e dos ciclos transgressivos-regressivos durante o Quaternário. A hipótese testada considera a retrogradação do sistema laguna-barreira mesmo após 6 ka, período do máximo do nível relativo do mar estimado para a costa sudeste brasileira, o que resultaria em uma posição da linha de costa mais *offshore* (ao leste) do que a atual. Para realizar o estudo algumas etapas foram contempladas: a etapa pré-campo teve por finalidade a aquisição de material, definição de alvos e elaboração de projeto georreferenciado, com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas (SIG); na etapa de campo foi empregado o uso do método geofísico georradar com antenas de 80 e 270 MHz, e a etapa pós-campo contou com geoprocessamentos e interpretação dos radargramas e radarfácies a fim de compreender o comportamento da barreira. Os resultados obtidos no trabalho mostram um padrão de empilhamento retrogradacional dos depósitos costeiros, corroborando, assim, a hipótese da transgressão da linha de costa mesmo após o máximo do nível relativo do mar ter sido atingido. Este resultado representa uma contribuição ao conhecimento da geologia costeira de Santa Catarina, podendo auxiliar no entendimento da evolução de praias como a da Pinheira, que deve ter sido influenciada pelo comportamento da barreira da Guarda e da Gamboa. Além disso, este conhecimento pode servir de subsídio para o gerenciamento costeiro, pois as características geológicas e evolutivas devem ser consideradas no planejamento do uso e ocupação dessas regiões.

Palavras-Chave: Geologia Costeira, Estratigrafia, Georradar, Holoceno, Santa Catarina.

## **ABSTRACT**

The work aimed to study the evolution of the Holocenic coastal barrier of the beaches of Gamboa and Guarda do Embaú, related to sea-level changes during the Holocene. The beaches are located in the County of Paulo Lopes - SC and belong to the central geomorphological sector of the Coastal Province of Santa Catarina. It represents the emergent portion of the Pelotas Basin and comprises transitional deposits composed of alluvial fans and lagoon-barrier systems. The geomorphology underwent several modifications due to climatic changes and transgressive-regressive cycles during the Quaternary. The hypothesis tested considers the retrogradation of the barrier-lagoon system even after 6 ka, when sea-level reached its maximum elevation in the Brazilian southeast coast, which would result in a seaward position of the shoreline during that period. In order to test the hypothesis, some steps were taken. Pre-field stage was aimed at material acquisition, target definition and development of the georeferenced project, using remote sensing and geographic information system (GIS) techniques. In the field stage geophysical data were acquired with ground penetrating radar (GPR) with antennas of 80 and 270 MHz. The post-field stage counted on geoprocessing and interpretation of the radar profiles and radarfacies in order to understand the behaviour of the barrier. The results showed a retrogradational stacking of coastal deposits, thus corroborating the hypothesis of shoreline transgression even after the relative maximum sea-level has been reached. This result represents a contribution to the knowledge of the coastal geology of Santa Catarina, helping with the understanding of the evolution of adjacent beaches such as Pinheira, which should have been influenced by the behavior of the Guarda and Gamboa barrier. In addition, this knowledge can subsidize coastal management, since the geological and evolutionary characteristics should be considered in the planning of the use and occupation of these regions.

**Keywords:** Coastal Geology, Stratigraphy, Georadar, Holocene, Santa Catarina.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo e principal via de acesso (BR 101).....	13
Figura 2. Curvas de variação do nível do mar para o Brasil e tratos de sistemas esperados... 14	14
Figura 3. Mapa geológico da planície costeira, na área de estudo. ....	20
Figura 4. Principais variações e modelos aplicados à estratigrafia de sequência.....	23
Figura 5. Trato de sistemas e superfícies-chave segundo os modelos existentes.....	24
Figura 6. Geotecnologias aplicadas nesse estudo. ....	25
Figura 7. Mapa pré-campo proposto para a etapa de campo basemap (ESRI – ArcGIS). ....	26
Figura 8. Mapa de dados coletados em campo.....	27
Figura 9. Espectro eletromagnético.....	29
Figura 10. Ilustração mostrando a trajetória da radiação eletromagnética.....	29
Figura 11. Ilustração das etapas de aquisição de dados de georradar.....	33
Figura 12. Terminologias para definir e descrever as seções de georradar. ....	35
Figura 13. Antenas de georradar utilizadas em campo.....	37
Figura 14. Etapas do processamento realizado nas seções.....	38
Figura 15. GNSS diferencial TRIMBLE Pro-XRT utilizado no posicionamento.....	40
Figura 16. Mapa produzido a partir de imagem RapidEye. Perfis topográficos A-B, C-D. ....	44
Figura 17. Mapa de altitude da área de estudo e figura 3D.....	45
Figura 18. Mapa escala regional. Mapa de escala local. ....	46
Figura 19. Mapas falsa cor. ....	48
Figura 20. Mapa de setorização da barreira costeira holocência.....	49
Figura 21. Mapas setor norte e central. ....	51
Figura 22. Mapas setor sul e praia do Canto. ....	52
Figura 23. Segmentos das seções GAMBOA_0016 e GAMBOA_0019. ....	57
Figura 24. Segmentos da seção GAMBOA_0022 e GAMBOA_0026. ....	58
Figura 25. Segmento da seção GAMBOA_0001.. ....	58
Figura 26. Foto captada por veículo aéreo não tripulado (VANT). Praia de Canto.....	59
Figura 27. Perfis realizados por antena de 270 MHz na praia do Canto. ....	59
Figura 28. Bloco diagrama de um rio meandrante hipotético e seus principais elementos.....	61
Figura 29. Elementos de sistema fluvial encontrados na planície flúvio-lagunar da área.....	62
Figura 30. Mapa de localização e Mapa de detalhe da enseada da praia da Pinheira .....	63
Figura 31. Interpretação da seção GAMBOA_0016.. ....	68
Figura 32. Interpretação da seção GAMBOA_0019. ....	69

Figura 33. Interpretação de segmento da seção GAMBOA_0026. ....	70
Figura 34. Interpretação da seção PCANTO_003 .....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resoluções espectral e espacial. Dados dos satélites Lansat 7 sensor ETM+, RapidEye, Basemaps – ESRI (ArcGIS) e SRTM (Gupta, 2003; Rosa 2012). .....	31
Quadro 2. Pontos-chave da aplicação do método de sensoriamento remoto no trabalho. ....	32
Quadro 3. Pontos-chave da aplicação do método de georradar no trabalho.....	39
Quadro 4. Pontos-chave da aplicação do método de Posicionamento no trabalho. ....	41
Quadro 5. Síntese dos métodos utilizados: sensoriamento remoto, georradar e sistema de posicionamento.....	42
Quadro 6. Radarfácies descritas segundo as terminologias.....	53
Quadro 7. Ruídos presentes nas seções obtidas com antena de 80 MHz. ....	56
Quadro 8. Associação de radarfácies presentes na barreira costeira holocênica e suas interpretações.....	64

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Valores teóricos de resolução vertical com diferentes frequências de antenas e diferentes tipo litológicos (modificado de Bristow & Jol, 2003). .....	34
---	----

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA/HIPÓTESE .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 OBJETIVOS E METAS.....	15
2. ESTADO DA ARTE.....	16
2.1 EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO .....	16
2.2 GEOLOGIA ÁREA .....	18
2.2.1 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS .....	21
2.3 BASES CONCEITUAIS.....	21
2.3.1 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS .....	21
3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO .....	25
3.1 SENSORIAMENTO REMOTO .....	28
<i>Aplicação</i> .....	30
3.2 GEORRADAR .....	32
<i>Aplicação</i> .....	36
3.3 SISTEMA DE POSICIONAMENTO .....	39
<i>Aplicação</i> .....	40
4. RESULTADOS .....	42
5. DISCUSSÃO.....	60
5.1 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DA SUPERFÍCIE .....	60
5.2 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DA SUBSUPERFÍCIE .....	63
6. CONCLUSÃO .....	72
REFERÊNCIAS .....	73
ANEXO.....	82

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA/HIPÓTESE

Formada por depósitos costeiros de idade Holocênica e Pleistocênica e depósitos continentais Cenozóicos (Horn Filho, 2003), com uma área de 4.212 km<sup>2</sup> (Rosa e Herrmann, 1986) a Planície Costeira de Santa Catarina representa o setor emerso das bacias sedimentares marginais de Santos e de Pelotas.

As praias da Gamboa e Guarda do Embaú, município de Paulo Lopes, estão inseridas na Província Costeira Catarinense Central (Diehl & Horn Filho, 1996) em ambiente sedimentar transicional, com a interação de sistemas continentais fluviais e lagunar (rio da Madre, rio da Lagoa e lagoa do Ribeirão) com o ambiente praiial, formando um sistema laguna-barreira (Fig. 1).

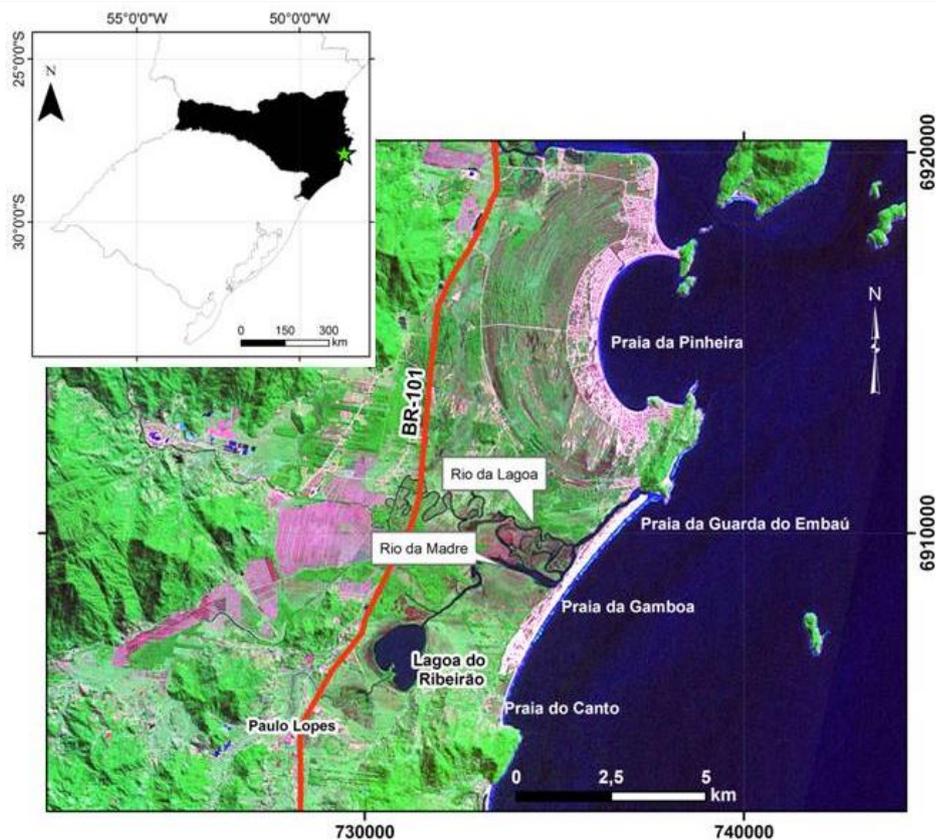


Figura 1. Imagem de satélite Landsat 7, sensor ETM+; composição colorida RGB: 3 2 1. Localização da área de estudo e principal via de acesso (BR 101). Praias da Gamboa e Guarda do Embaú. Lagoa do Ribeirão, rio da Madre e rio da Lagoa, município de Paulo Lopes. Centro-sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. Ao norte localiza-se a enseada da Praia da Pinheira.

Nesse contexto geológico, a oscilação do nível do mar e o clima são de extrema importância para o entendimento dos sistemas deposicionais e dinâmica costeira (Dillenburg *et al.*, 2009; Rosa, 2012). Segundo Corrêa (1990), Angulo & Lessa (1997) e Martin *et al.* (1979), o nível do mar no Holoceno para a costa brasileira atingiu seu máximo há aproximadamente 6 ka (Fig. 2).

A evolução da Praia da Gamboa possui relação direta com essa oscilação, uma vez que variações eustáticas influenciam a dinâmica sedimentar da região (Suguio *et al.*, 1985). Entretanto, como já observado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), o comportamento da linha de costa nem sempre reflete as variações esperadas com a subida e descida do nível do mar. Estudos de Dillenburg *et al.* (2000, 2009), Barboza *et al.* (2009a, 2009b, 2010 e 2011) e Rosa (2012) mostram essas variações na PCRS durante o Holoceno.

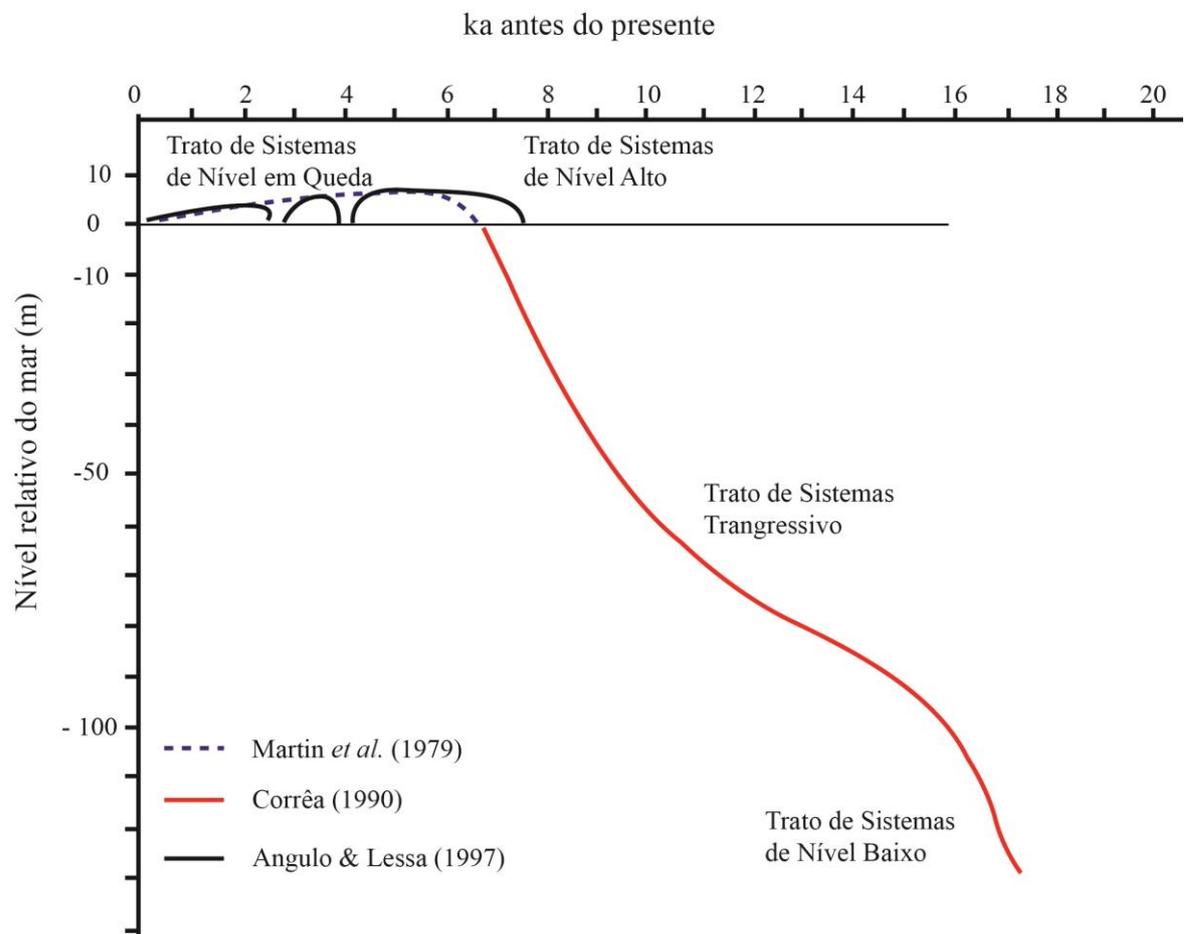


Figura 2. Curvas de variação do nível do mar para o Brasil e contextos de tratos de sistemas esperados. Em vermelho a curva de Corrêa (1990), em preto e azul, as curvas para o Holoceno de Martin *et al.* (1979) e Angulo & Lessa (1997) que indicam uma queda do nível do mar a partir de aproximadamente 6 ka (modificado de Dillenburg *et al.*, 2009 e Rosa, 2012).

A partir do exposto surge a questão essencial para compreender a evolução da área: onde estaria a linha de costa na região da Gamboa durante o máximo do nível relativo do mar, há aproximadamente 6 ka? A hipótese testada neste estudo é a de que a linha de costa estaria em uma posição mais *offshore* em relação à posição atual e a região atualmente ocupada por um sistema fluvio-lagunar corresponderia a um sistema estuarino de grande porte.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

### Caráter acadêmico

O conhecimento da evolução costeira da região das praias da Gamboa e da Guarda do Embaú é de grande valia e contribuição científica, especialmente a fim de compreender a evolução da praia da Pinheira, uma vez que, estudos realizados por diversos grupos (Hein *et al.*, 2013, Dillenburg *et al.*, 2014, Hein *et al.*, 2014) possuem hipóteses distintas.

### Gestão e Gerenciamento Costeiro

No Brasil as zonas costeiras abrigam cerca de  $\frac{1}{4}$  da população, segundo dados de 2011 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em parceria com a Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM). No estado de Santa Catarina 36% da população catarinense reside nas áreas costeiras. Para fundamentar a ocupação sustentável da costa, o entendimento detalhado da evolução e dos processos costeiros é essencial.

## 1.3 OBJETIVOS E METAS

O objetivo geral do trabalho é estabelecer a posição relativa da linha de costa há 6 ka. Os objetivos específicos incluem: estabelecer a presença e posição de barreiras holocênicas; avaliar as modificações do sistema fluvio-lagunar; compreender a dinâmica da região e modificações ocorridas no sistema laguna-barreira em decorrência do último máximo do nível relativo do mar, há aproximadamente 6 ka.

## 2. ESTADO DA ARTE

### 2.1 EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO

Província costeira é descrita por Villwock (1972) como uma unidade tridimensional caracterizada geológica, estrutural e estratigraficamente, que compreende terrenos de baixa altitude (até 50 – 60 m) e profundidade (até 150 – 200 m) contígua a continentes, oceanos e mares e composta de sedimentos consolidados a semi-consolidados e secundariamente embasamento cristalino e rochas sedimentares.

O estudo das províncias costeiras no Brasil evoluiu com a criação das escolas de geologia, a partir de 1950. Na região sul do Brasil, contribuições científicas de grande valia foram realizadas após a fundação do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), Órgão Auxiliar do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 1969.

Uma síntese dos trabalhos realizados na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) e na Bacia de Pelotas foi realizada por Villwock & Tomazelli (1995). Destacam-se os trabalhos de Delaney (1965), que propõe o primeiro mapa da Planície Costeira e uma coluna estratigráfica, correlacionando depósitos com oscilações do nível do mar. Assim como o trabalho de Morris (1963).

Estudos geofísicos potenciais (Celmins, 1957; Ghignone, 1960) precederam uma campanha de sondagens estratigráficas realizadas pela PETROBRAS na Bacia de Pelotas, gerando embasamento científico acerca das sequências sedimentares da bacia. As informações foram sintetizadas e discutidas no trabalho de Gonçalves *et al.* (1979). Novas publicações sobre a bacia foram realizadas por Fontana (1990a, 1990b).

Um grande marco na evolução de estudos estratigráficos foi realizado por Villwock *et al.* (1986) e Villwock & Tomazelli (1995) que realizaram um mapeamento sistemático na Planície Costeira do Rio Grande do Sul relacionando os depósitos gerados de maneira cronoestratigráfica, diferentemente dos estudos anteriores que possuíam caráter litoestratigráfico. O reconhecimento e correlação de fácies sedimentares, elementos arquiteturais, associações de fácies e reconhecimento de depósitos sedimentares gerados cronoestratigraficamente possibilitaram a inter-relação dos depósitos e um melhor entendimento dos mesmos em relação ao tempo (Tomazelli & Villwock, 2005).

Os trabalhos científicos realizados na Província Costeira de Santa Catarina tiveram início no ano de 1876, por Carlos Wiener, com o estudo dos sambaquis ao norte de

Florianópolis. Estudos posteriores envolvendo os sambaquis da planície costeira de Santa Catarina foram realizados (Abreu, 1928; Leonardos, 1938; Bocchi & Liberatore, 1968; Castro & Ferreira, 1971; Castro, 1974; Hurt, 1974; Fairbridge, 1976, Caruso Júnior, 1985 e Caruso Júnior, 1992 *apud* Caruso Júnior, 1995a).

Diversos trabalhos foram importantes na compreensão dos depósitos e estratigrafia da Planície Costeira de Santa Catarina. No âmbito estadual os trabalhos de mapeamento geológico produzido pelo DNPM (1974), DNPM (1986), Martin *et al.* (1988), desenvolvidos nas escalas 1:1.000.000, 1:500.000, 1:200.000, respectivamente. Martin & Suguio (1986) apontam as principais características dos depósitos quaternários costeiros de Santa Catarina, com a organização dos depósitos transicionais holocênicos e pleistocênicos além dos depósitos continentais.

Os trabalhos da Província Costeira de Santa Catarina de Diehl & Horn Filho (1996) e Horn Filho (2003) contribuem com a compartimentação. O primeiro compartimenta a Província em oito setores geológico-geomorfológicos. Já o trabalho de Horn Filho (2003) dá ênfase à Planície Costeira e compartimenta em setores Norte, Central e Sul. Horn Filho & Diehl (2007), Horn Filho *et al.* (2012) e Horn Filho *et al.* (2014), contribuem com o mais recente estudo de cunho Estadual da Planície costeira de Santa Catarina, principalmente no que tange a evolução e paleogeografia da região.

O setor Central (Horn Filho, 2003) localiza-se entre Itapema (27°05'00''S) e praia Grande (28°27'00''S). Das Contribuições científicas, referentes ao setor Central, principalmente ao setor próximo a praia da Gamboa e praia da Pinheira, destacam-se: Caruso Júnior (1995a, 1995b) que aborda os aspectos geológicos e o potencial mineral da região sudeste do Estado de Santa Catarina, além da compartimentação da planície costeira em Planície de Paulo Lopes e Planície de Tubarão.

Importante trabalho de mapeamento desenvolvido no setor central da Planície Costeira de Santa Catarina é referente ao projeto Garopaba (PGB) (UFRGS, 1999) realizado por alunos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) nas disciplinas de Mapeamento Geológico I, II e III. A área mapeada compreende as folhas Paulo Lopes, São Bonifácio, Imbituba e São Martinho, nas escalas 1:50.000. O produto gerado foi um mapa geológico da região em escala 1:25.000.

Em relação à área de estudo, o trabalho de mapeamento geológico, desenvolvido por Horn Filho *et al.* (2012), aborda os principais depósitos sedimentares presentes na região. O produto gerado foi o Mapa Geológico da Planície Costeira das folhas Paulo Lopes e Imbituba em escala 1:100.000 com ênfase nos depósitos Quaternários.

As praias da Gamboa, Guarda do Embaú e Pinheira localizam-se na porção central da Planície de Paulo Lopes. A planície é recortada com um sistema de canais meandранtes que evidenciam um terraço pleistocênico constituído por depósitos de sistemas praias e marinho raso (Caruso Júnior, 1995). Na praia da Pinheira os depósitos pleistocênicos são truncados por uma escarpa erosional em arco (*beach ridges*).

Diversos trabalhos foram realizados de modo a compreender a evolução da praia da Pinheira, entre eles destacam-se os trabalhos de Hein *et al.* (2013), de Dillenburg *et al.* (2014) e de Hein *et al.* (2014). Segundo Hein *et al.* (2012). Os trabalhos em questão utilizaram o método geofísico georradar e descrição de testemunhos de sondagem. Para Hein *et al.* (2013; 2014) uma transgressão advinda de uma possível inversão do nível do mar entre 3 ka e 2,8 ka seria responsável pela formação de uma barreira transgressiva. Já Dillenburg *et al.* (2014) demonstra em dados obtidos com georradar em perfis específicos sugerem a interpretação de paleocanais fluviais. Além disso, mostra que as chances de uma oscilação do nível do mar nesse período e formação de um sistema laguna barreira relativamente amplo é ínfima.

## 2.2 GEOLOGIA DA ÁREA

As regiões costeiras têm seu desenvolvimento condicionado principalmente pela dinâmica global (tectônica de placas, clima, variações do nível do mar e a resposta reológica da terra em consequência das variações na distribuição das massas de gelo e de água sobre a superfície) e pela dinâmica costeira (ondas, marés, correntes, deriva litorânea e ventos) (Villwock & Tomazelli, 1995)

A Província Costeira Catarinense é dividida em duas grandes unidades geológicas: o embasamento e as bacias marginais marinhas de Santos e Pelotas, de comportamento tectônico passivo, formadas devido à fragmentação do Gondwana no Mesozóico, desde o início da deriva continental entre a América do Sul e a África (Horn Filho *et al.*, 2014; Horn Filho, 2003). O embasamento compreende rochas do arcabouço geológico-estrutural da Plataforma Sul-Americana, representado ao longo da costa de Santa Catarina por rochas do Escudo Catarinense e as associações vulcano-sedimentares da Bacia do Paraná (Almeida *et al.*, 1976; Zanini *et al.*, 1991; Caruso Júnior, 1995; Horn Filho *et al.*, 2014).

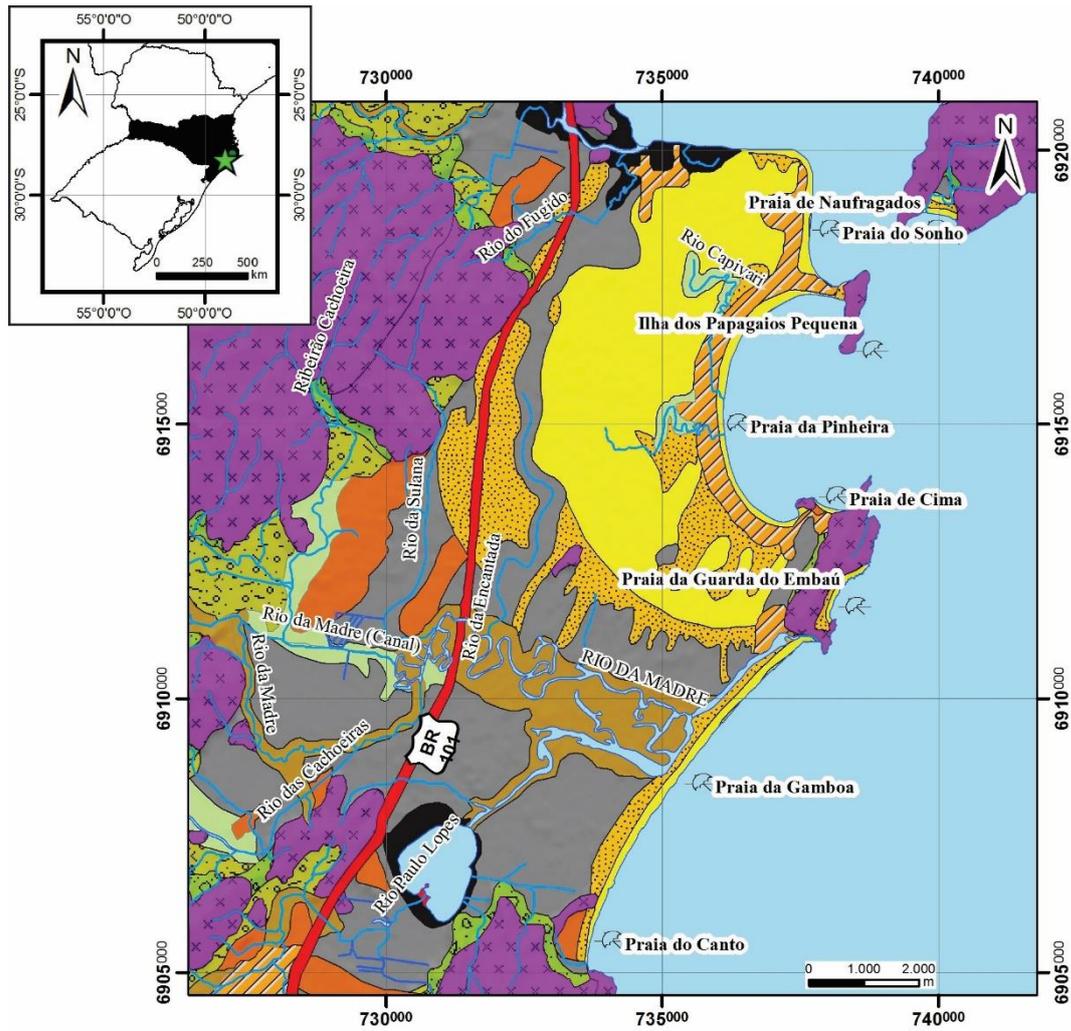
A área de estudo está localizada na planície costeira do estado de Santa Catarina, especificamente no setor central da Província Costeira Catarinense (Diehl & Horn Filho, 1996). É composta por depósitos continentais, transicionais, praias e antropogênicos os quais

caracterizam um sistema do tipo laguna-barreira (Horn Filho *et al.*, 2014). Segundo Caruso Júnior (1995), a área está inserida na Planície de Paulo Lopes, constituída por terras baixas que recebe a drenagem e sedimentos provenientes do embasamento.

Na planície, são observados remanescentes do complexo cristalino na forma de “ilhas do embasamento” as quais exercem um controle evidente na estruturação da sedimentação, ancorando feições arenosas como esporões e praias de bolso (*pocket beaches*). Um sistema de canais meandrantos atravessa a planície atualmente; são encontrados restos de um terraço, muito dissecado, formado em ambiente praial e marinho raso (sistema laguna-barreira III), relacionado à um terceiro evento transgressivo-regressivo, ocorrido no Pleistoceno a cerca de 120 ka atrás (Caruso Júnior, 1995; Villwock & Tomazelli, 1995).

Depósitos eólicos ocorrem ao longo da barreira costeira holocênica e depósitos eólicos mais interiorizados pertencentes ao último ciclo glacial, de idade Pleistocênica. A planície é caracterizada, principalmente, por sedimentos aluviais trazidos pelos sistemas fluviais rio da Madre e rio da Lagoa e por depósitos lagunares que se desenvolveram pela dinâmica do sistema fluvio-lagunar. Sedimentos paludiais são encontrados as margens da Lagoa do Ribeirão e depósitos continentais coluvionares e de leques aluviais são identificados próximo ao embasamento devido à erosão e deposição do mesmo (Caruso Júnior, 1995; UFRGS, 1999; Horn *et al.*, 2014) (Fig. 3).

Na praia da Pinheira observa-se a uma escarpa erosional em forma de arco constituindo o limite interno da planície da planície de cordões litorâneos regressivos (*beach ridges*) holocênicos. Esses depósitos são formados por um sistema de cristas e cavas, característicos do movimento regressivo do nível do mar. Na retaguarda dessa estrutura são encontrados depósitos remanescentes do Pleistoceno. Os depósitos laguna-barreira holocênicos são depósitos que se desenvolveram na área entre 5,1 ka AP e o presente, similares aos depósitos do sistema laguna-barreira IV, encontrados na costa do estado do Rio Grande do Sul (UFRGS, 1999).



COLUNA ESTRATIGRÁFICA

Legenda	Unidade Litoestratigráfica	Sistema Depositional/Cristalino
	Área Antropizada	Antropogênico
	Depósito Tecnogênico	
	Depósito Paludial	Transicional
	Depósito Eólico	
	Depósito Fluvio-Lagunar	
	Depósito Marinho-Praial	
	Depósito Lagunar	Sistema Laguna-Barreira IV
	Depósito Eólico	Sistema Laguna-Barreira III
	Depósito Aluvial	Continental
	Depósito de Leque Aluvial	
	Depósito Coluvial	Cristalino
	Embasamento Indiferenciado	

Legenda	
	Praias
	Corpos d'Água
	Curso d'Água

Figura 3. Mapa geológico da planície costeira, na área de estudo (modificado de Horn *et al.*, 2012).

## 2.2.1 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS

O ambiente costeiro está em constante alteração devido aos processos erosivos e deposicionais da dinâmica costeira, principal responsável pelo desenvolvimento de praias arenosas (Villwock & Tomazelli, 1995). A amplitude de maré na área de estudo é aproximadamente a mesma obtida no porto de Imbituda, 20 km ao sul, que mostra oscilações em média de 0,5 m (segundo a tábua de marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1995) correspondendo a um regime de micromaré (classificação segundo Davies, 1980 *apud* Villwock & Tomazelli, 1995).

Os dados mais representativos sobre o sistema de ondas foram coletados durante o Projeto Garopaba (UFRGS, 1999), na fase de mapeamento de detalhe (abril de 1999), os quais indicaram alturas variando entre 0,40 e 1,80 m. No setor costeiro com maior exposição à ação de ondas (praias da Guarda do Embaú e Gamboa) a variação obtida foi de 1,4 e 1,8 m de altura. A associação de uma zona com amplitude de maré baixa e com regime de ondas de alta energia, permite classificar a área costeira como dominada por ondas (UFRGS, 1999).

## 2.3 BASES CONCEITUAIS

### 2.3.1 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS

A estratigrafia de sequências e sua aplicação é fator determinante no estudo da evolução costeira. É a partir dos seus principais conceitos que é interpretado o comportamento da linha de costa dentro das oscilações do nível do mar em diferentes frequências no tempo geológico. Este ramo das geociências se desenvolveu a partir de diversas modificações, divergências de opiniões e aprimoramento dos conceitos até tornar-se o que é atualmente.

O termo sequência é utilizado para designar uma sucessão de eventos ordenados delimitados por quebras ou interrupções, identificando assim, seu início e fim (Assine, 2001). As sequências como unidades do registro sedimentar e estratigráfico foram propostas pela primeira vez por Sloss *et al.* (1949). Vários trabalhos complementaram esse termo até a introdução do conceito de sequência deposicional por Vail *et al.* (1977) como “*uma unidade estratigráfica composta de uma sucessão relativamente concordante de estratos geneticamente relacionados e limitada, no topo e na base, por discordâncias ou suas conformidades correlatas*”.

O lançamento do manifesto da revolução sismoestratigráfica (Payton, 1977) é um marco na evolução dos conceitos em estratigrafia. É a partir dessa publicação que conceitos como controle eustáticos da deposição (variação global do nível do mar), transgressões e regressões marinhas, discordâncias e superfícies correlatas, começaram a ser implementadas e discutidas (Holz, 2012). Essa revolução ocorreu graças à demanda em pesquisas na área do petróleo na década de 70, sendo o grupo de pesquisadores da EXXON os maiores responsáveis por essa evolução do conhecimento.

Com a definição do conceito de sequência deposicional, a relação tempo-espço proporcionou a criação de vários modelos de sequências estratigráficas. Esses modelos diferem entre si, principalmente, pelo padrão de empilhamento e limites entre sequências, em relação ao nível de base (Fig. 4), (Catuneano *et al.*, 2009). Quanto a essas associações, outro termo muito importante na dinâmica sedimentar de bacias é o de espaço de acomodação que é caracterizado como o espaço livre para deposição de sedimentos em um intervalo de tempo na bacia sedimentar (Jervy, 1988) relativo à subida e descida do nível de base, seja por meio tectônico em bacias continentais, seja por variação do nível eustático.

O termo trato de sistemas deposicionais designa um conjunto de sistemas deposicionais contemporâneos (Brown & Fisher, 1977), ou seja, um conjunto de sistemas deposicionais geneticamente e temporalmente vinculados. Já os tratos de sistemas geométricos, são unidades definidas com base no padrão de empilhamento (progradacional, retrogradacional ou agradacional) sendo esses estabelecidos em relação à curva de variação do nível de base (Posamentier *et al.*, 1988; Hunt & Tucker, 1992; Emery & Myers, 1996; Posamentier & Allen, 1999).

Segundo os modelos atuais de estratigrafia de sequências, uma sequência deposicional pode ser subdividida em tratos de sistemas. Posamentier & Vail (1988) propuseram quatro trato de sistema no seu modelo: trato de sistema de margem de plataforma, nível alto, nível baixo e transgressivo. As suas delimitações ocorrem através de três superfícies chave: limite de sequências ou discordância subaérea e superfície correlata, superfície transgressiva e superfície de inundação máxima.

Posteriormente essas superfícies sofreram modificações e foram aperfeiçoadas por diferentes autores, resultando em seis principais superfícies (superfície subaérea e sua conformidade correlativa, superfície basal de regressão forçada (Hunt & Tucker, 1992), superfície regressiva de erosão marinha (Plint, 1988) ou superfície de ravinamento (Galloway, 2001), superfície regressiva máxima ou superfície transgressiva (Helland-Hansen &

Martinsen, 1996), superfície transgressiva de ravinamento (Nummedal & Swift, 1987) e superfície de afogamento máximo (Fig. 5), (*apud* Rosa, 2012).

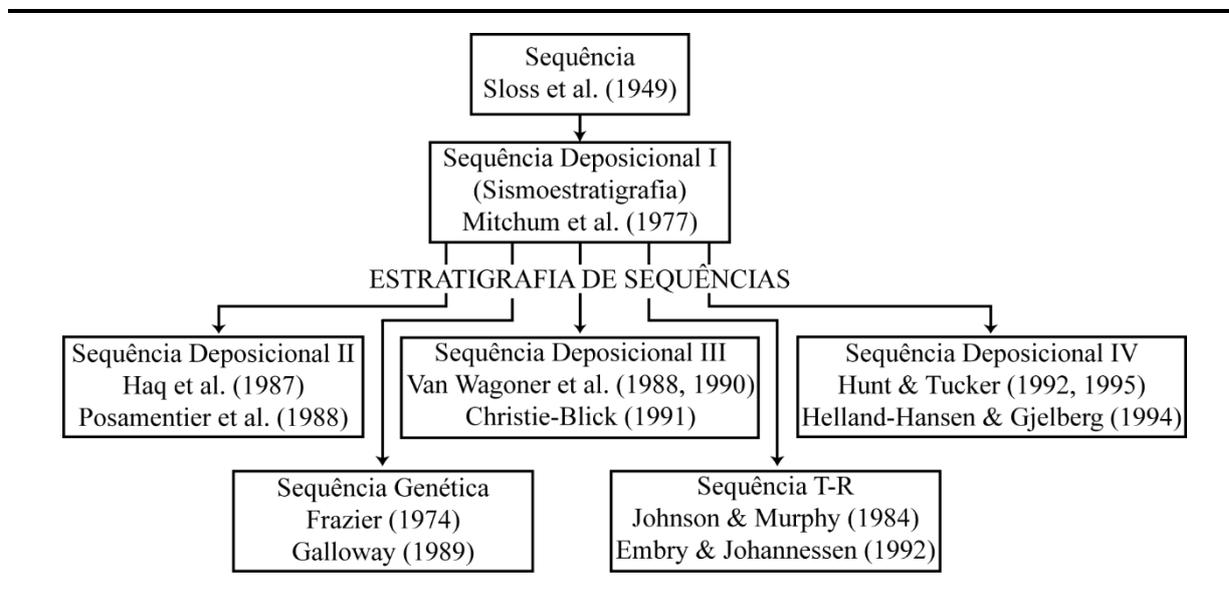


Figura 4. Principais variações e modelos aplicados à estratigrafia de sequência a partir da proposição do termo por Sloss *et al.*, 1949. (modificado de Donovan, 2001; *apud* Catuneanu 2006).

Conceitos fundamentais na geologia sedimentar são os conceitos de *facies* e de *sistema deposicional*. Esses termos são considerados como descritivos, mas continuam sendo a base conceitual e metodológica da análise estratigráfica. O termo *facies* sedimentar é definido como: “*um corpo rochoso que apresenta determinado conjunto de características que permitem diferenciá-lo dos corpos rochosos adjacentes, e que foi depositado sob um processo sedimentar relativamente constante*”. As chamadas *facies geofísicas* são *facies* identificadas a partir de uma propriedade física, como valor de resistividade por exemplo (Holz, 2012). O presente estudo contou com a interpretação de *radarfácies*, identificadas a partir de um padrão de refletores específico.

O agrupamento de *facies* pode ser visto como uma Associação de *Facies*, Sucessão de *Facies* e/ ou Elementos Arquiteturais. Todas essas denominações fazem parte de um arranjo maior denominado de Sistema Depositional.

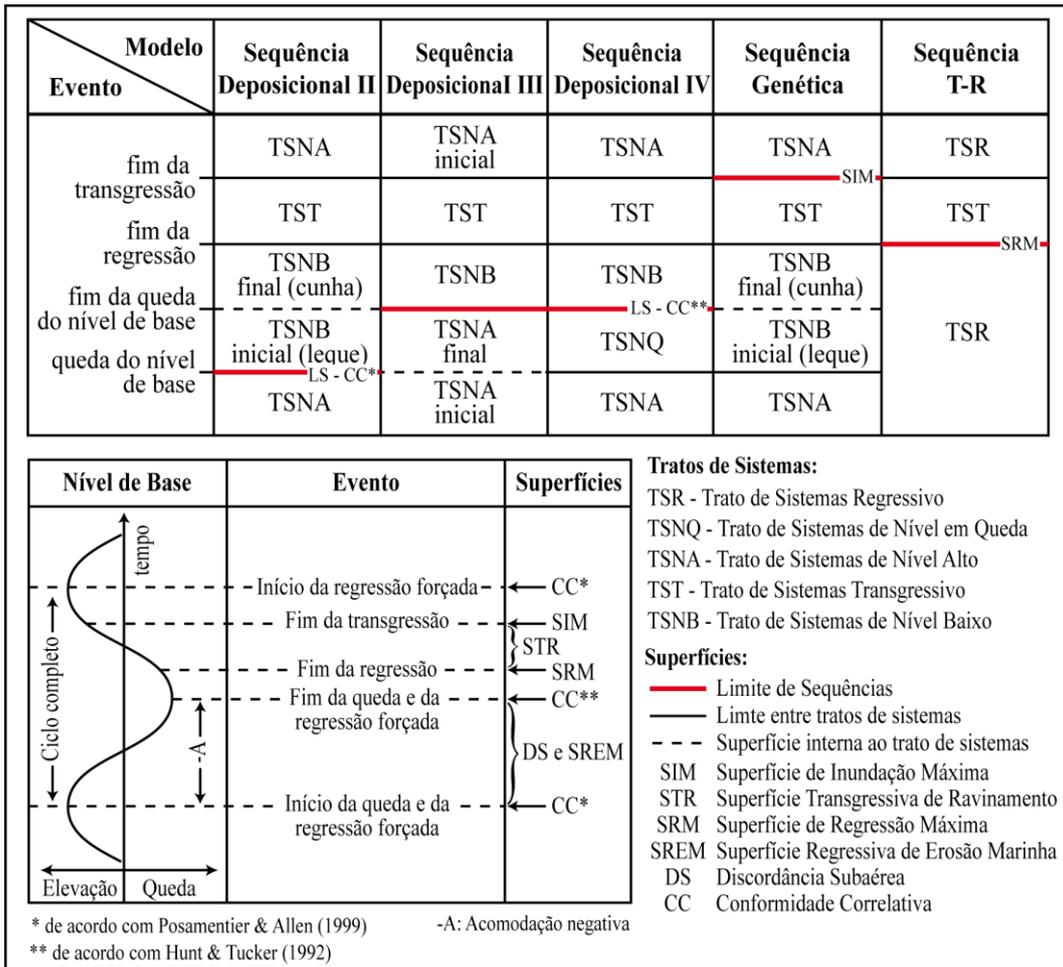


Figura 5. Trato de sistemas e superfícies-chave segundo os modelos existentes (Catuneanu, 2006; apud Rosa, 2012).

### 3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

Os métodos empregados fazem parte das geotecnologias, um conjunto de técnicas e instrumentos que visam à análise de dados de superfície e de subsuperfície com a obtenção, processamento, interpretação e apresentação de dados espacialmente referenciados (Fig. 6) (Rosa, 2012). O trabalho foi dividido em etapa pré-campo (Fig. 7), campo (Fig. 8) e pós-campo e os métodos adotados foram empregados segundo a necessidade de cada etapa.

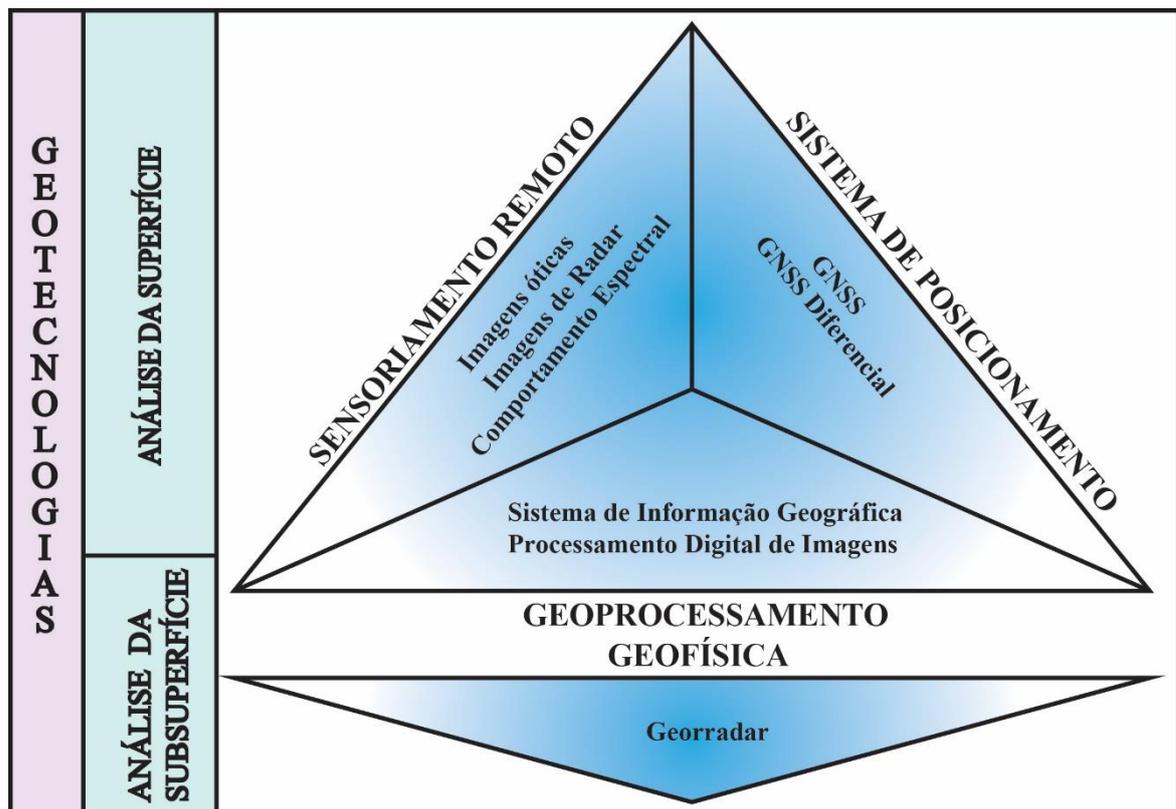
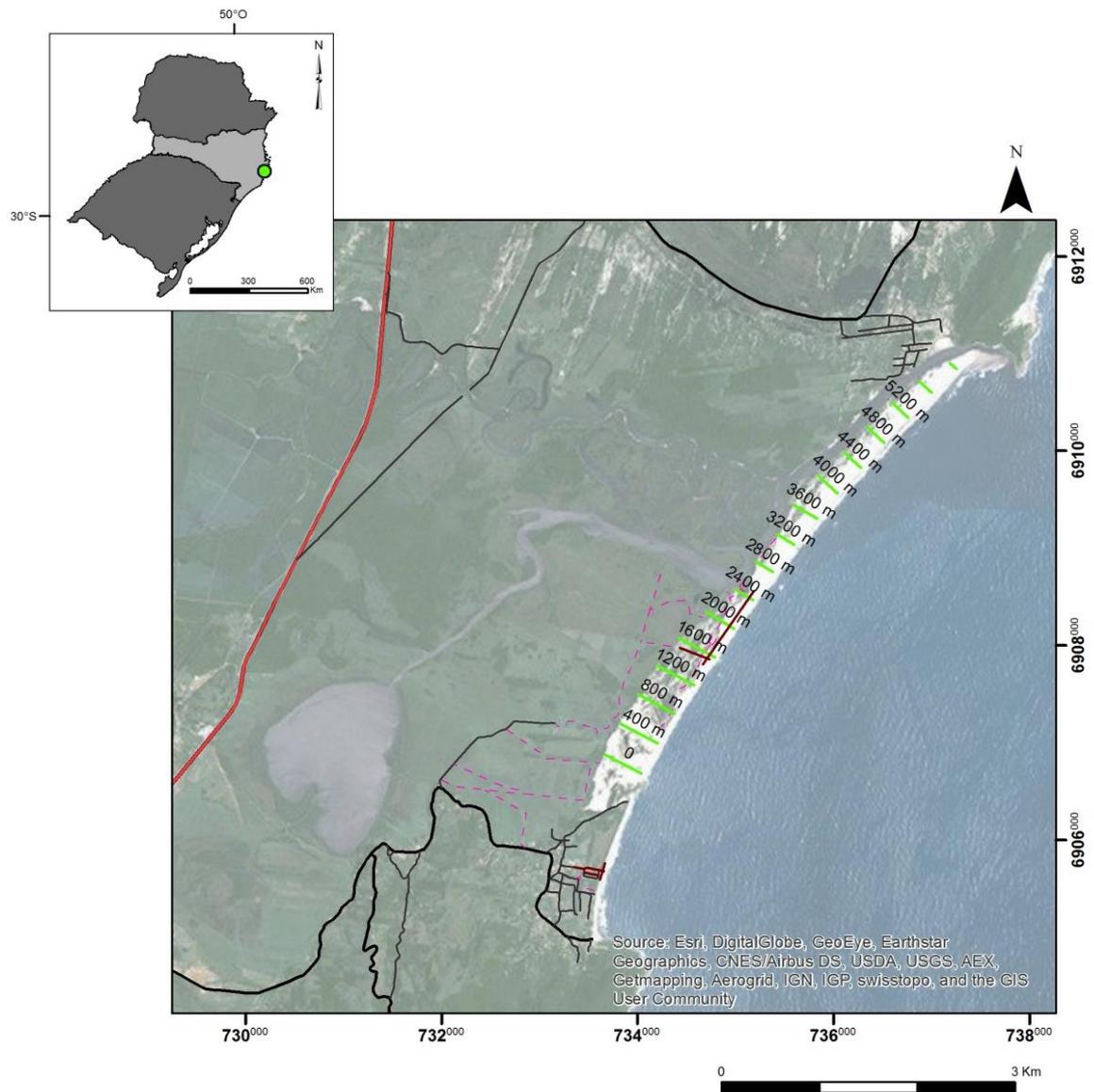


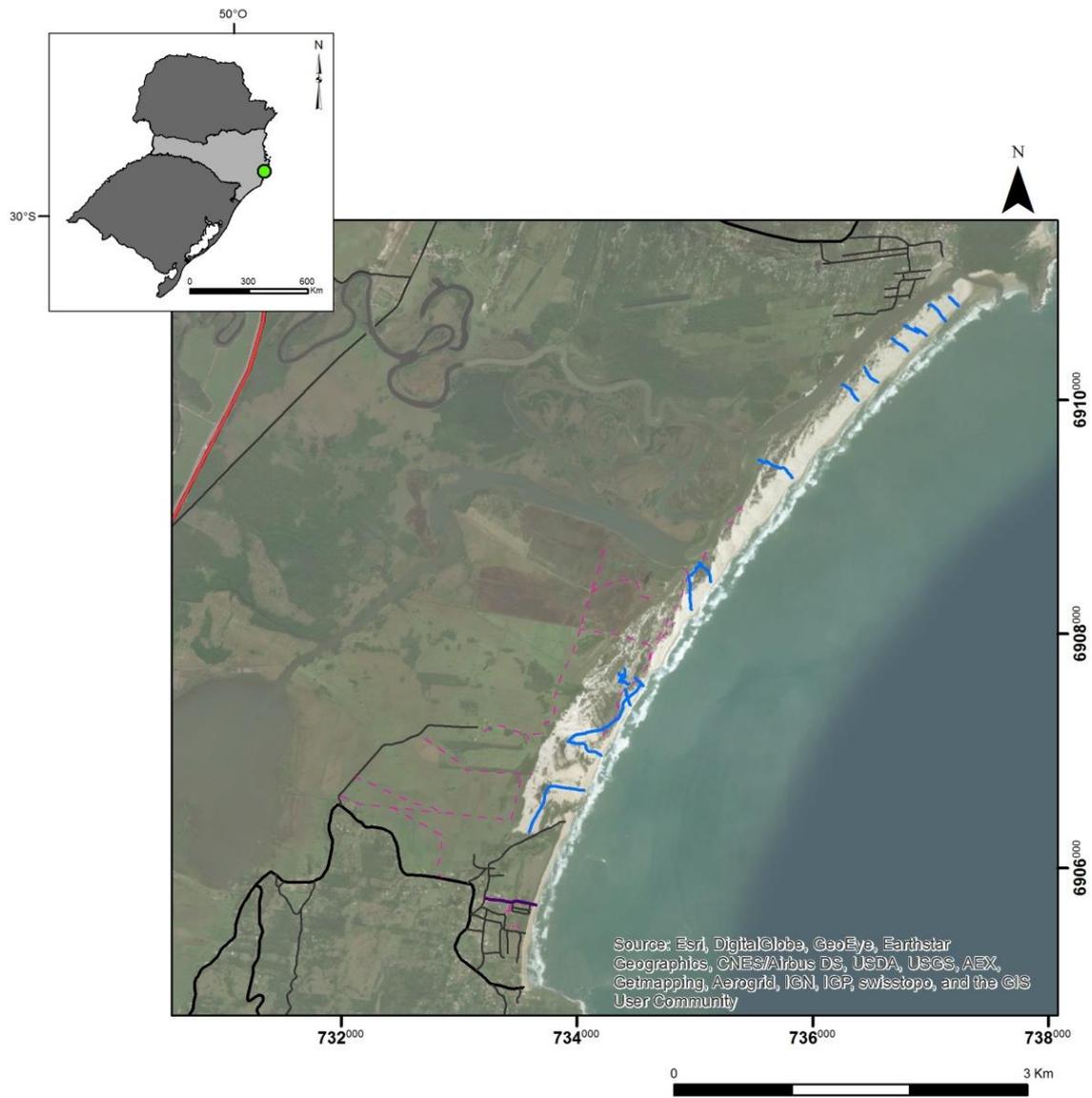
Figura 6. Geotecnologias aplicadas nesse estudo. Métodos de análise de superfície e subsuperfície (modificado de Rosa, 2012).



### Legenda

- BR101
- Grid de posicionamento para novas linhas de aquisição de dados (GPR)
- - - Acesso Restrito
- Possíveis linhas de aquisição de dados (GPR)
- Acesso Principal
- Acesso Secundário

Figura 7. Mapa pré-campo proposto para a etapa de campo, aquisição de dados na barreira costeira holocênica e na praia do Canto (ao sul). Produzido a partir de imagem de satélite *basemap* (ESRI – ArcGIS), identificação dos principais acessos e proposta do que seria a melhor aquisição de dados de GPR. O *grid* pode ser usado tanto para aquisição quanto para o posicionamento em campo.



#### Legenda

- |   |  |
|---|--|
|  BR101             |  Aquisição de dados com GPR (antena de 270 MHz) |
|  Acesso Restrito   |  Aquisição de dados com GPR (antena de 80 MHz)  |
|  Acesso Principal  |  |
|  Acesso Secundário |  |

Figura 8. Mapa de dados coletados em campo. Produzido a partir de imagem de satélite *basemap* (ESRI – ArcGIS). Identificação dos principais acessos e perfis realizados ao longo da barreira holocênica e da praia do Canto (ao sul). Dados com antena aérea (80 MHz) foram coletados ao longo da barreira holocênica. Dados com a antena de contato (270 MHz) foram coletados na praia do Canto.

### 3.1 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto utiliza sensores para adquirir informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato físico entre eles, a transferência de dados do objeto para o sensor é feita através de radiação eletromagnética (Novo, 1989). Para restringir ainda mais a gama de técnicas que poderiam ser ditas como sensoriamento remoto, além da utilização de sensores, a distância entre o objeto e o sensor deve ser da ordem de dezenas a centenas de quilômetros (Gupta, 2003).

O princípio fundamental do método de sensoriamento remoto baseia-se no fato de que cada objeto reflete certa intensidade de energia de acordo com as suas características físicas e composicionais. A radiação eletromagnética (REM) compreende ondas eletromagnéticas que são ordenadas segundo seu comprimento de onda, a este conjunto chamamos espectro eletromagnético (Fig. 9), (Novo, 1989). O espectro eletromagnético é dividido em faixas de acordo com as características da radiação compreendendo tanto ondas com comprimento de onda curtos (raios gama) assim como ondas de comprimento de onda longos (ondas de rádio), (Rosa, 2012).

A energia refletida pelos alvos e captada pelos sensores na técnica de sensoriamento remoto tem como principal fonte a energia emitida do Sol. Esta radiação é então emitida e interage com os materiais presentes na superfície terrestre sendo parte dessa energia absorvida e transmitida e parte refletida, ou seja, a base da aplicação da técnica do sensoriamento remoto é a detecção das alterações sofridas pela energia eletromagnética resultante da interação com os objetos (Fig. 10), (Novo, 1989). A quantidade de energia refletida depende das propriedades físicas e composicionais da matéria, como já foi dito anteriormente, através dos comprimentos de onda absorvidos e refletidos é possível conhecer o comportamento espectral dos alvos (Rosa, 2012).

O Sol não é a única fonte de energia utilizada no sensoriamento remoto. A radiação proveniente da Terra também é importante visto que são duas fontes naturais e contínuas de radiação eletromagnética. A radiação proveniente do Sol caracteriza-se por uma alta irradiação eletromagnética na região do visível (0,4 e 0,7  $\mu\text{m}$ ) do espectro eletromagnético. Outro fator importante no sensoriamento remoto é a janela atmosférica, ou seja, a interação da radiação eletromagnética com a atmosférica, efeito causado pela absorção da radiação por alguns constituintes da atmosfera o que resulta na diminuição da qualidade e quantidade de energia solar disponível. Os comprimentos de onda absorvidos pelos constituintes atmosféricos são principalmente comprimentos menores que 0,4  $\mu\text{m}$  (Novo, 1989).

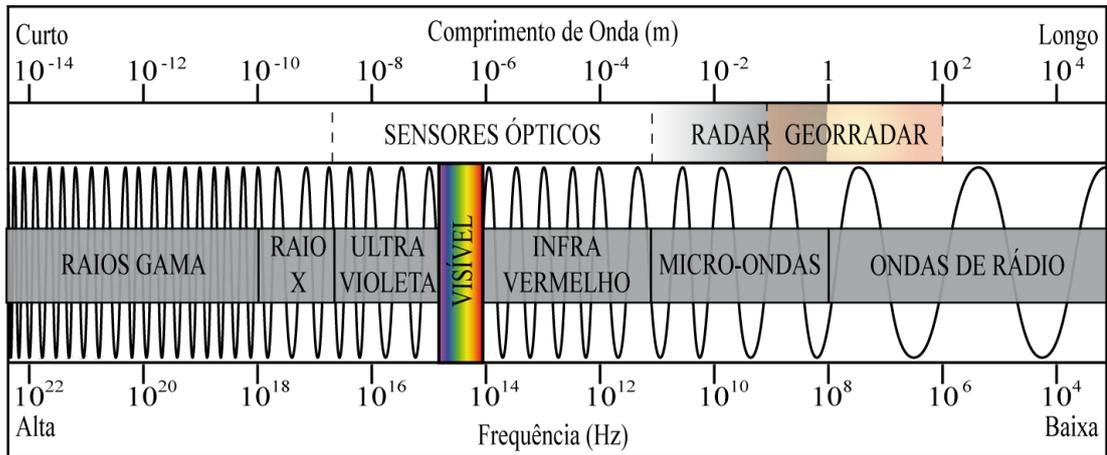


Figura 9. Espectro eletromagnético. Faixas de comprimentos de ondas utilizadas para aquisição de dados em diferentes sensores (Florenzano, 2007).

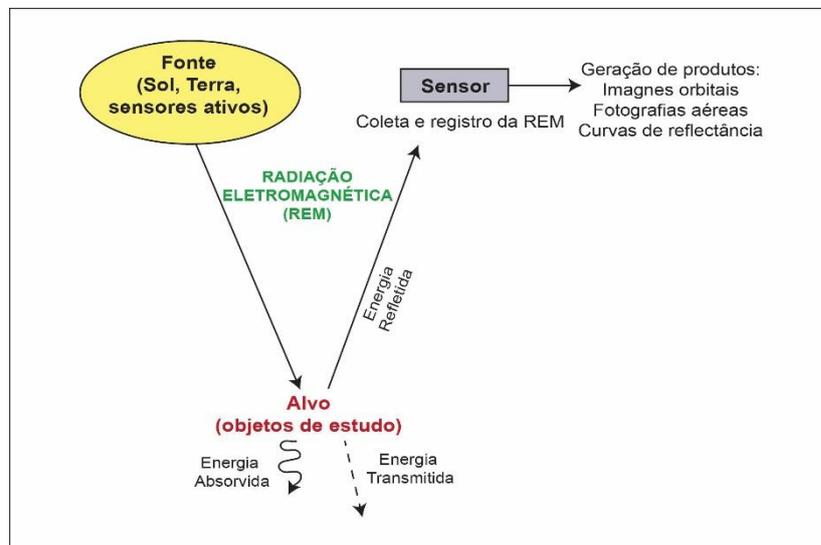


Figura 10. Ilustração mostrando a trajetória da radiação eletromagnética a começar da fonte geradora de radiação até a captação por um sensor da energia refletida pelo alvo, (baseada em dados obtidos em Novo, 1989).

Os sistemas sensores, responsáveis pela captação de energia refletida dos alvos e conversão dessa energia em produtos, podem ser classificados de diferentes maneiras. Quanto à fonte de energia (sensores passivos e sensores ativos), quanto a região do espectro eletromagnético em que operam (sensores termais, sensores de energia solar refletida, sensores de microondas, etc.) e quanto as transformações da energia adquirida (sistemas sensores não imageadores e sistemas sensores imageadores).

Os sensores passivos dependem de uma fonte de energia externa e interação dessa com os objetos de estudo, já os sensores ativos geram a sua própria radiação e avaliam o efeito dessa radiação com os materiais em superfície. Fotografias e imagens de radar são exemplos de sensores passivos e ativos, respectivamente. A região óptica do espectro eletromagnético compreende comprimentos de onda que variam de 0,3 a 15,0  $\mu\text{m}$ , os sensores que operam nessa faixa se caracterizam pela utilização de componentes ópticos tais como espelhos e lentes na aquisição de dados. Essa faixa de energia pode ainda ser dividida em porção refletida e porção termal ou emissiva (Novo, 1989; Rosa, 2012).

Os sistemas imageadores e não imageadores, como o nome já diz, podem gerar ou não imagens a partir da interação da energia com a superfície. Os sensores não imageadores geram produtos na forma numérica e gráfica e são muito importantes na obtenção de informação espectral de alvos. Já os sensores imageadores geram como produtos imagens que podem ser entendidas como matrizes em que a célula unitária dessa matriz é posicionada espacialmente de acordo com as linhas e colunas da mesma, a essa célula damos o nome de pixel (Gupta, 2003). A resolução espacial de uma imagem está diretamente ligada ao tamanho dos pixels que compõem essa imagem. Quanto maior for o pixel menor será a resolução espacial dessa imagem, uma vez que, a distinção de dois ou mais objetos dentro de um mesmo pixel não será possível. A resolução espectral caracteriza-se pela faixa de radiação eletromagnética captada pelo sensor o qual distingue variações de intensidade do sinal. Com isso, uma imagem com alta resolução espectral registra pequenas variações no comportamento espectral dos alvos e possibilita maior gama de informações.

### *Aplicação*

A Aplicação das técnicas de sensoriamento remoto neste trabalho teve importante contribuição na fase pré-campo do trabalho, uma vez que, a partir das imagens pode-se ter uma visão sinóptica da área e a definição de alvos de acordo com a possível logística. Nesta etapa foram analisadas imagens multiespectrais Landsat 7, sensor ETM+, RapidEye, Basemaps – ArcGIS<sup>®</sup> (ESRI) e imagem de modelo digital do terreno da 4ª versão de processamento do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). As imagens foram empregadas de acordo com as informações que poderiam ser adquiridas em função das diferentes resoluções espaciais e espectrais de cada uma das imagens (Quadro 1).

Quadro 1. Resoluções espectral e espacial. Dados dos satélites Landsat 7 sensor ETM+, RapidEye, *Basemaps* – ESRI (ArcGIS) e SRTM (Gupta, 2003; Rosa 2012).

SATÉLITE	Landsat 7 sensor ETM+	RapidEye	<i>Basemaps</i> ESRI - ArcGIS	SRTM
<b>Resolução Espectral</b>	B1 (0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ ) B2 (0,53 - 0,61 $\mu\text{m}$ ) B3 (0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ ) B4 (0,78 - 0,90 $\mu\text{m}$ ) B5 (1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$ ) B6 (10,4 - 12,5 $\mu\text{m}$ ) B7 (2,09 - 2,35 $\mu\text{m}$ ) B8 (0,52 - 0,90 $\mu\text{m}$ )	B1 (0,44 - 0,51 $\mu\text{m}$ ) B2 (0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ ) B3 (0,63 - 0,68 $\mu\text{m}$ ) B4 (0,69 - 0,73 $\mu\text{m}$ ) B5 (0,76 - 0,85 $\mu\text{m}$ )	Composições coloridas RGB Diversos satélites e sensores	Banda C (5,8 cm) Banda X (3,1 cm)
<b>Resolução Espacial</b>	B1-B7 (MULTI) = 28 m B6 = 60 m B8 (PAN) = 14,5 m	Aproximadamente 5 m	Resolução variada em geral 2 - 1 m	Aproximadamente 30 a 90 m
<b>Dado</b>	Reflectância	Reflectância	Reflectância	Altitude

As imagens Landsat 7, sensor ETM+ são utilizadas, principalmente, no reconhecimento e análise de alvos devido a sua alta resolução espectral, que consegue distinguir variações nos comportamentos espectrais dos materiais em superfície. Outras imagens, como as imagens geradas pela constelação de satélites RapidEye e imagens obtidas online pelo *software* ArcGIS<sup>®</sup> (ESRI) são imagens com uma melhor resolução espacial do que as imagens obtidas pelo satélite Landsat 7, sensor ETM+ e, portanto, são ótimas para traçar feições cartográficas como drenagens e vias de acesso.

Quadro 2. Pontos-chave da aplicação do método de sensoriamento remoto no trabalho.

<b>Relevância e Adequação da Técnica para Testar a Hipótese</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Caracterização da superfície: feições geológicas e geomorfológicas</li> </ul>
<b>Pontos Críticos dos Procedimentos e Cuidados Adotados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Posicionamento da imagem</li> <li>● Características das imagens - resoluções</li> </ul>
<b>Vulnerabilidade da Técnica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Não gera interpretação unívoca</li> <li>● Necessária a verificação em campo (princípio da verdade terrestre)</li> </ul>
<b>Resolução da Técnica Consoante ao Laboratório e ao Equipamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● LANDSAT 7 sensor ETM+</li> <li>● RapidEye</li> <li>● Base Map - ArcGIS (ESRI)</li> <li>● SRTM</li> </ul>
<b>Precisão da Técnica em Relação ao Laboratório e ao Equipamento Adotado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Posicionamento da imagem</li> <li>● Dentro da resolução da imagem (resolução espacial - pixels)</li> </ul>

### 3.2 GEORRADAR

O método geofísico do georradar ou GPR (*Ground penetrating radar* ou *ground probing radar*) é um método ativo que utiliza ondas eletromagnéticas para detectar diferenças nas propriedades elétricas dos materiais em subsuperfície rasa. Tem como base fundamental a permissividade relativa que é propriedade do material absorver ou permitir a passagem da energia eletromagnética sendo possível assim determinar contrastes entre camadas de materiais distintos (Baker *et al.*, 2007).

O georradar funciona com a geração de energia eletromagnética com frequências na faixa de rádio e micro-ondas que variam desde MHz até GHz (Neal, 2004) e adquire os dados através da geração, transmissão, propagação, reflexão e recepção da radiação eletromagnética do meio físico (Fig. 11), (Rosa, 2012). A radiação gerada é transmitida por uma antena chamada antena transmissora. A reflexão da onda eletromagnética gerada se dá pela detecção

de contrastes nas propriedades elétricas dos materiais. Uma antena receptora recebe a energia e envia o sinal para um coletor que registra de forma digital a radiação eletromagnética.

Os contrastes detectados são geralmente associados ao conteúdo de água presente nos tipos de sedimentos, porosidade, granulometria e compactação. Materiais mais resistivos como areia, cascalho, turfa e calcários tendem a mostrar melhores dados de georradar, enquanto depósitos de lama, silte e materiais saturados em água salina apresentam uma alta condutividade, o que atenua o sinal eletromagnético e influencia o poder de penetração da onda (Bristow & Jol, 2003).

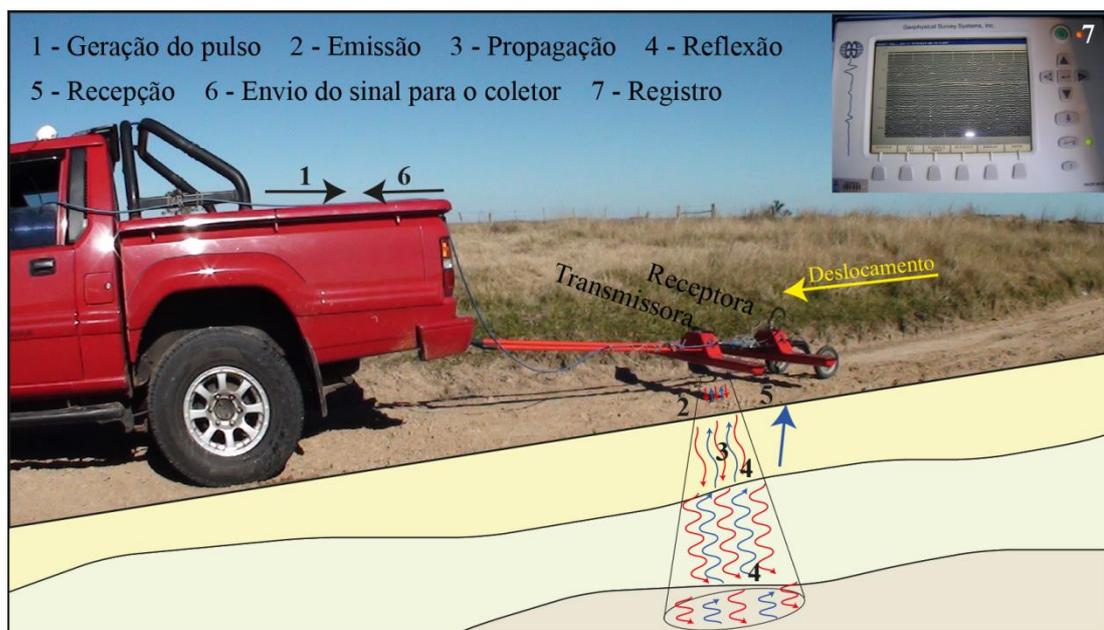


Figura 11. Ilustração das etapas de aquisição de dados de georradar (Rosa, 2012).

O trabalho realizado com o georradar pode ser dividido em três etapas: aquisição, processamento dos dados e interpretação (Rosa, 2012). Na etapa de aquisição de dados em campo deve-se levar em consideração questões de logística, a técnica que será utilizada para a coleta de dados e o aparelho utilizado, levando-se em consideração a frequência central das antenas e as resoluções verticais e horizontais. A escolha dos parâmetros de aquisição e dos aparelhos está intimamente ligada ao tipo de trabalho que será realizado e o tipo de dado que se quer obter (Bristow & Jol, 2003).

A relação resolução *versus* profundidade deve ser considerada quando definida a forma e área que o método será utilizado. Antenas de alta frequência (400 a 1000 MHz) possuem

comprimento de onda curtos o que causa uma alta resolução, porém baixa profundidade de penetração, já antenas de baixa frequência (10 a 50 MHz) possuem baixa resolução mas alta profundidade de penetração (Bristow & Jol, 2003). Estudos sugerem que a resolução vertical esteja entre  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  do comprimento de onda ( $\lambda$ ) (Reynolds, 1997), porém outros parâmetros devem ser considerados como a composição da litologia e o teor de água (Tab. 1), (Bristow & Jol, 2003).

Existem três técnicas principais de obtenção de dados usando o método de GPR, cada técnica é utilizada visando respostas específicas: *Common Midpoint* (CMP), que é normalmente utilizada para aquisição de dados de velocidade de ondas; *Common Offset* (CO) empregada no estudo de mapeamento de reflexões e transiluminação utilizada em perfis de poços (Baker *et al.*, 2007). A técnica *Common Midpoint* tem como objetivo principal caracterizar a velocidade de propagação da onda eletromagnética em subsuperfície. Para esta técnica as antenas transmissora e receptora são posicionadas a distâncias sucessivamente crescentes em relação a um ponto fixo. *Common Offset* é a técnica mais usada em mapeamento de superfícies rasas, neste contexto, as antenas transmissora e receptora são mantidas a uma distância fixa uma da outra com o deslocamento simultâneo no mesmo sentido de aquisição (Baker *et al.*, 2007; Rosa, 2012).

Tabela 1. Valores teóricos de resolução vertical com diferentes frequências de antenas e diferentes tipo litológicos (modificado de Bristow & Jol, 2003).

Frequência da Antena	Litologia		
	Areia Saturada 0,06 m/ ns	Areia Úmida 0,1 m/ ns	Areia Seca 0,15 m/ ns
50 MHz	0,3 - 0,6 m	0,5 - 1,0 m	0,75 m - 1,5 m
100 MHz	0,15 - 0,3 m	0,25 - 0,50 m	0,375 - 0,75 m
200 MHz	0,075 - 0,15 m	0,125 - 0,25 m	0,1875 - 0,375 m

Durante a aquisição de dados de georradar com a técnica *Common Offset* alguns parâmetros devem ser definidos em função da área e local de estudo, além da profundidade dos alvos. Tais parâmetros são a resolução horizontal (distância entre os pontos coletados), a janela de aquisição, a separação entre as antenas, o empilhamento dos traços (*stacking*), a orientação das antenas, a localização e o espaçamento entre as linhas (Jol & Bristol 2003).

O processamento dos dados é normalmente necessário para que possam ser posteriormente interpretados. A finalidade dos processamentos é eliminar dados tratados

como ruídos e evidenciar as informações. Existe uma gama de processamentos e softwares que podem ser utilizados em dados de GPR, os principais procedimentos são: a aplicação de funções de ganho para ampliação dos sinais atenuados, correção do tempo zero (*time-zero-drift*), remoção de baixas frequências (*dewow*) e altas frequências, aplicação de filtros espaciais, etc.

Seções de georradar são interpretadas com a utilização de princípios e definições estratigráficas assim como em seções sísmicas, mas em uma escala de alta definição. A utilização da mesma técnica de interpretação se dá pelo fato dos padrões e unidades sedimentares se repetirem em diferentes hierarquias temporais (Miall, 1991; Neal, 2004). As terminologias utilizadas na interpretação de seções de georradar foram em parte modificadas das propostas para estratigrafia sísmica, definidas por Mitchum *et al.* (1977), Campbell (1967) e Allen (1982) (Neal, 2004). A modificação das terminologias ocorre devido à confusão entre termos descritivos e interpretativos o que pode gerar análises equivocadas em decorrência das diferentes escalas de trabalho que o método geofísico da sísmica de reflexão e o método geofísico georradar utilizam (Fig.12).

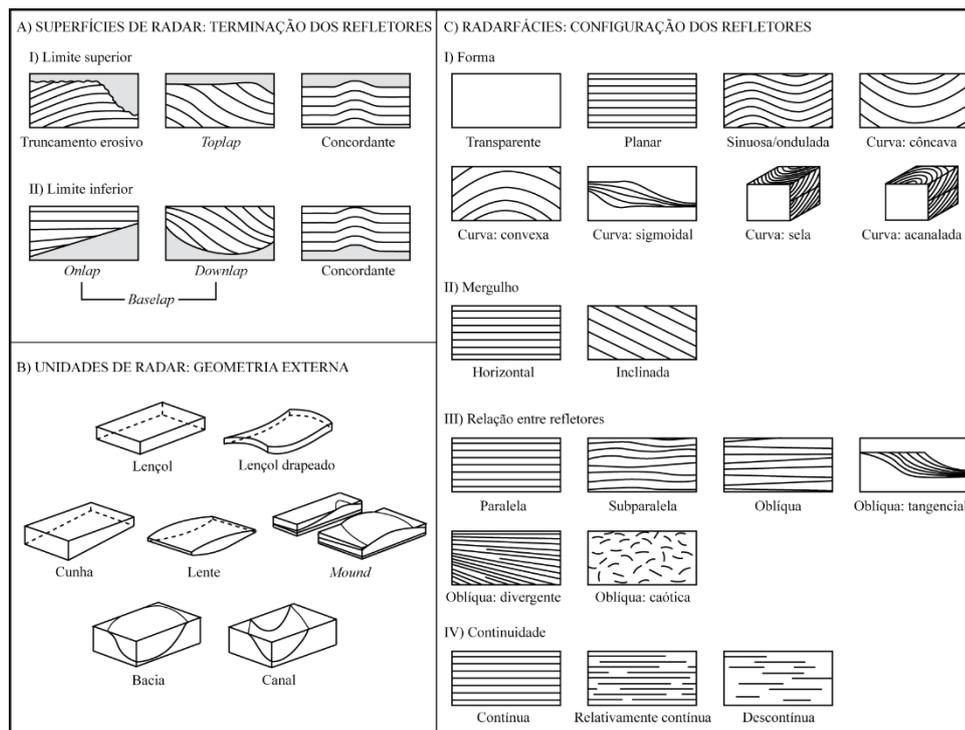


Figura 12. Terminologias para definir e descrever as seções de georradar. Padrões texturais e arquiteturais utilizados nas definições das radarfácies (Neal, 2004).

## Aplicação

A aplicação do método ocorreu na etapa de campo e contou com a utilização de dois sistemas de aquisição: composto por um coletor da GSSI™ (Geophysical Survey Systems, Inc.) SIR-3000 conectado a uma antena de contato de 270 MHz – monoestática – GSSI™) e um coletor Cobra Plug-In GPR (Radarteam Sweden AB) com uma antena aérea Subecho SE-70 monoestática (80 MHz), sistemas cedidos pelo Laboratório de Sismoestratigrafia da UFRGS (Fig. 13). A escolha das antenas ocorreu principalmente em decorrência da logística de campo e dos alvos.

Para a aquisição a técnica utilizada foi a *Common Offset*, com uma resolução horizontal de 1 traço por segundo para a antena de 80 MHz e 1 traço a cada 5 cm para a antena de arrasto. Foram realizados 26 perfis com a antena aérea de 80 MHz ao longo da barreira arenosa da praia da Gamboa e Guarda do Embaú, com diferentes dimensões e direções em função do difícil acesso à barreira causado por vegetação e corpos de água. Na praia do Canto os dados foram adquiridos com a antena de 270 MHz (antena de contato), dois perfis foram realizados na área com orientação perpendicular (*dip*) à linha de costa como já mostrado na figura 8.

Os processamentos realizados nas seções obtidas com a antena de 80 e 270 MHz foram efetuados com o intuito de minimizar os ruídos presentes e, assim, melhorar a visualização dos refletores. Para as seções de 80 MHz ocorreu, primeiramente, a conversão dos dados geofísicos SEG-Y para o formato DZT. Essa conversão foi realizada pela utilização do *software* Reflex-Win® e foi necessária para que os dados pudessem ser trabalhados em outros programas computacionais de processamento de dados de georradar.

Inicialmente o processamento das seções contou com a remoção de ruídos sequenciais relacionado à onda aérea a partir da aplicação de um filtro espacial (*background removal*) pelo *software* Radan®. Este filtro foi aplicado a cada 200 traços tanto para seções adquiridas com a antena aérea (80 MHz) quanto para seções adquiridas com a antena de contato (270 MHz). Após a aplicação do filtro espacial, o espectro de frequência de cada seção foi analisado e um filtro passa banda alta e passa banda baixa foi executado (processamento FIR), sendo possível retirar possíveis ruídos identificados devido a frequências com valores muito altos ou muito baixos em relação à frequência central das antenas.

O processamento *Ormsby* realizado pelo *software* Prism2® é a última etapa dos processamentos e consiste na análise detalhada da curva de frequência e da remoção de picos (possíveis ruídos) presentes nas seções. Essa etapa, assim como o processamento FIR, é feita para cada seção independentemente, de forma a tentar minimizar os ruídos da melhor maneira

possível sem que haja perda de dados. A organização e sequência dos processamentos realizados está evidenciada na figura 14.



Antena de 80 MHz



Antena de 270 MHz

Figura 13. Antenas de georradar utilizadas em campo. Antena de 80 MHz aérea, e antena de 270 MHz de contato.

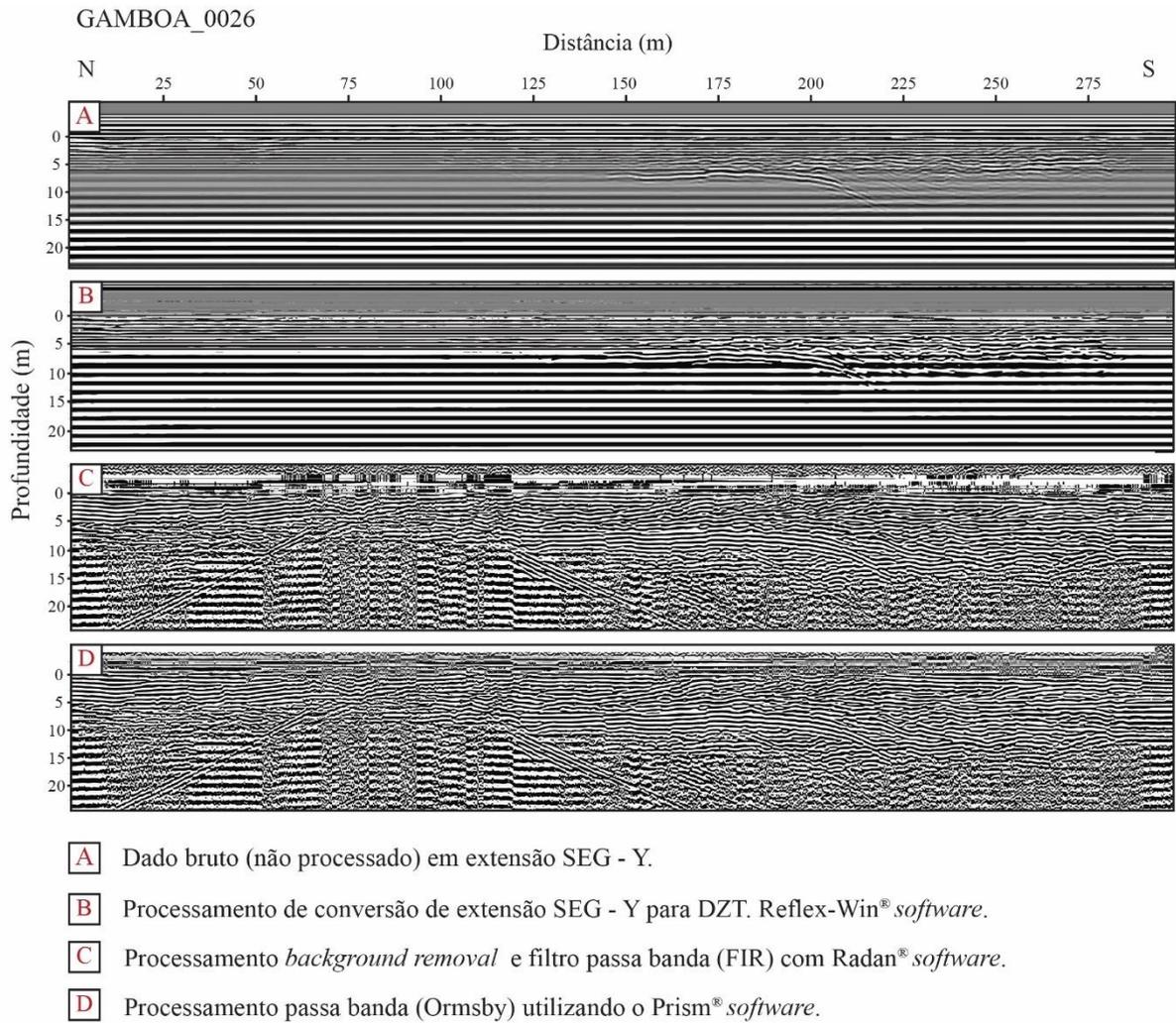


Figura 14. Etapas do processamento realizado nas seções. Exemplo do perfil GAMBOA\_0026, adquirido com a antena aérea (80 MHz).

Quadro 3. Pontos-chave da aplicação do método de georradar no trabalho.

<b>Relevância e Adequação da Técnica para Testar a Hipótese</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Visão dos elementos arquiteturais em subsuperfície a partir da interpretação das seções geradas</li> </ul>
<b>Pontos Críticos dos Procedimentos e Cuidados Adotados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Logística (80 MHz x 270 MHz)</li> <li>● Frequência da antena e parâmetros de aquisição</li> <li>● Posicionamento</li> </ul>
<b>Vulnerabilidade da Técnica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Não gera interpretação unívoca</li> <li>● Ausência de resposta em decorrência da baixa resistividade de alguns materiais presentes em subsuperfície (ex: argilas)</li> </ul>
<b>Resolução da Técnica Consoante ao Laboratório e ao Equipamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Frequências de 80 MHz e 270 MHz</li> <li>● Resolução x Profundida</li> <li>● Resolução vertical: entre 1/2 e 1/4 de l</li> <li>● Resolução horizontal: 1 traço/ seg (80 MHz) e 1 traço a cada 5 cm (270 MHz)</li> </ul>

### 3.3 SISTEMA DE POSICIONAMENTO

O sistema de posicionamento é extremamente importante nos trabalhos realizados em campo porque posicionam espacialmente os dados através de um Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG). A determinação da projeção cartográfica adotada, sistema de coordenadas, *datum*, método de aquisição, escala e objetivos bem definidos são essenciais para um trabalho de qualidade (Rosa, 2012).

O sistema GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é a união de vários sistemas de posicionamento via satélite sendo os principais o sistema estadunidense NAVSTAR-GPS e o sistema russo GLONASS. Outros sistemas também contribuem, mas em menor escala, como o sistema europeu Galileu e o sistema chinês, Compass.

Os métodos de posicionamento incluem técnica de posicionamento por pontos, por ponto preciso, diferencial e relativo. Os posicionamentos por pontos e por ponto absoluto possuem a mesma técnica básica de aquisição que determina as coordenadas em tempo real; a diferença é que os dados de posicionamento obtidos por ponto preciso sofrem um pós-processamento para assim melhorar a precisão a partir de correções para o relógio dos

satélites e das efemérides precisas. Já o método de posicionamento diferencial (*Differential GPS – DGPS*) envolve a correção dos pontos obtidos por um receptor (móvel) de acordo com uma base de valores conhecidos (fixa). Os valores obtidos em campo podem ser corrigidos em relação aos valores de base e erro.

O método de posicionamento relativo é o método mais preciso de posicionamento utilizado em campo. São posicionadas duas antenas: uma móvel e outra posicionada em um ponto conhecido (base) de forma que todas as coordenadas adquiridas sejam corrigidas em relação ao erro de base.

### *Aplicação*

O sistema de posicionamento está presente em todas as etapas do trabalho. Na fase pré-campo as imagens analisadas estavam diretamente relacionadas aos métodos de posicionamento, assim como a determinação de pontos-chave. Na fase de campo foram adquiridos dados georreferenciados pela utilização do método de posicionamento por ponto absoluto e método diferencial. Para a aquisição de coordenadas por ponto absoluto foi utilizado um coletor e para a aquisição pelo método diferencial foi utilizado GNSS geodésico da marca TRIMBLE®, modelo Pro-XRT.



---

Figura 15. GNSS diferencial TRIMBLE® Pro-XRT utilizado no posicionamento das linhas de GPR.

O sistema de coordenadas utilizado nesse estudo é o sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) e o *datum* o SIRGAS 2000. O trabalho georreferenciado adequadamente tem como finalidade conectar os dados de superfície com os dados de subsuperfície de georradar. Esse método é fundamental na etapa pós-campo pois influencia na qualidade dos dados interpretados e no objetivo final do trabalho.

Quadro 4. Pontos-chave da aplicação do método de Posicionamento no trabalho.

<p><b>Relevância e Adequação da Técnica para Testar a Hipótese</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Conexão dos dados de subsuperfície com os dados de superfície</li> <li>● Orientação espacial</li> </ul>
<p><b>Pontos Críticos dos Procedimentos e Cuidados Adotados</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Acurácia dos dados</li> <li>● Logística</li> </ul>
<p><b>Vulnerabilidade da Técnica</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Variabilidade de acurácia (Número e distribuição de satélites, dados de base incompletos)</li> </ul>
<p><b>Resolução da Técnica Consoante ao Laboratório e ao Equipamento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Variável em função do número de pontos adquiridos por metro e velocidade do deslocamento (nas linhas de GPR).</li> </ul>
<p><b>Precisão da Técnica em Relação ao Laboratório e ao Equipamento Adotado</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Método pós-diferencial: GNSS geodésico TRIMBLE PROXRT Precisão: 98% 5 - 15 cm Bases: Lages, Imbituba e Florianópolis (2)</li> </ul>

#### 4. RESULTADOS

Os dados obtidos no decorrer do trabalho geraram uma série de resultados que foram organizados, sintetizados e estudados com o propósito de compreender o comportamento da barreira costeira holocênica na região das praias da Gamboa e da Guarda do Embaú, SC (quadro 5). Para tal, o uso de *softwares* como o ArcGIS<sup>®</sup> 10.0 (ESRI), Adobe Illustrator CC, pacote Microsoft Office 2010, além dos *softwares* utilizados no processamento das seções de georradar, citados no capítulo anterior, foram muito importantes na confecção de mapas, figuras, quadros e tabelas. Todos os mapas gerados no decorrer do trabalho foram confeccionados em sistema de coordenadas UTM SIRGAS 2000, à exceção dos mapas elaborados com as imagens de alta resolução *World Imagery* (ESRI – ArcGIS<sup>®</sup> Basemap), que utiliza o *datum* WGS-84.

Quadro 5. Síntese dos métodos utilizados: sensoriamento remoto, georradar e sistema de posicionamento; dados obtidos a partir da aplicação dos métodos e resultados adquiridos.

MÉTODO	DADO	TIPO	RESULTADO
Sensoriamento Remoto	Landsat 7 sensor ETM +	Imagens Ópticas	Análise multiespectral regional.
	RapidEye		Identificação das unidades da área de estudo em detalhe. Análise multiespectral do sistema laguna-barreira.
	Basemap ArcGIS <sup>®</sup> (ESRI)		Posicionamento e confecção de mapas, alta resolução espacial.
	SRTM	Imagem de altitude	Análise de relevo.
Georradar	Antena aérea 80 MHz	Perfis de reflexão <i>common offset</i>	Análise estratigráfica em subsuperfície; radarfácies, sucessão de radarfácies e interpretação.
	Antena de contato 270 MHz		
Sistema de Posicionamento	GNSS	Ponto absoluto e método diferencial	Posicionamento dos dados obtidos com georradar e posicionamento pré-campo.

Os resultados gerados por sensoriamento remoto permitiram a análise topográfica e geomorfológica da área, de forma multiespectral em diferentes escalas e resoluções espaciais.

Para a análise topográfica foram utilizadas imagens de altitude da 4ª versão de processamento do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e imagens ópticas dos satélites Landsat 7, sensor ETM+, e RapidEye. Os mapas e figuras gerados mostram a proximidade do embasamento com o sistema laguna-barreira, além dos pontos aflorantes do embasamento na planície costeira. As imagens também evidenciam as variações topográficas das encostas adjacentes onde as cotas podem variar de 0 a 876 m, e atingem valores cerca de 8 vezes maiores que as altitudes registradas nas feições pertencentes à planície costeira (Fig. 16).

Os perfis topográficos A-B e C-D foram produzidos a partir de dados altimétricos (SRTM). O segmento A-B tem como objetivo mostrar, em uma escala mais abrangente, o desnível topográfico entre o embasamento cristalino e a planície costeira e a proximidade entre essas duas feições geomorfológicas (cerca de 9 km). Já o segmento C-D mostra, em escala de detalhe, as variações topográficas entre a planície fluvio-lagunar e a barreira costeira ativa. Nota-se, no perfil C-D, a variação de cotas mais baixas na planície, e a subida gradual das cotas até atingir o pico de 3 m de altura, representando a porção mais alta da barreira holocênica, no segmento representado. Para que os dados tenham a maior veracidade possível, dentro das limitações de resolução espacial (Quadro 1), foi tomada a precaução de evitar a vegetação alta presente na planície.

A imagem produzida a partir dos dados de altitude (SRTM) (Fig. 17) exhibe as cotas mais elevadas na coloração vermelha alaranjada, por vezes na cor amarela, pertencentes na maior parte ao embasamento cristalino. Na planície costeira nota-se a presença de cotas maiores a norte, na enseada da praia da Pinheira, devido à presença dos cordões litorâneos (Horn *et al.*, 2014; Dillenburg *et al.*, 2014; Dillenburg *et al.*, 2012), e ao sul da área próximo à praia do Canto, em função de “ilhas do embasamento” aflorantes na área. As duas porções composta de coloração amarela. As rochas pertencentes ao embasamento cristalino na região foram, em grande parte, responsável pela produção de depósitos continentais a partir da sua erosão e transporte, formando assim depósitos coluvionares e de leques aluviais, encontrados ao sopé da serra. A porção distal desse sistema compreende depósitos aluviais transportados pela drenagem o qual preencheram as áreas mais baixas da planície (sistema fluvio-lagunar rio da Madre e rio da Lagoa).

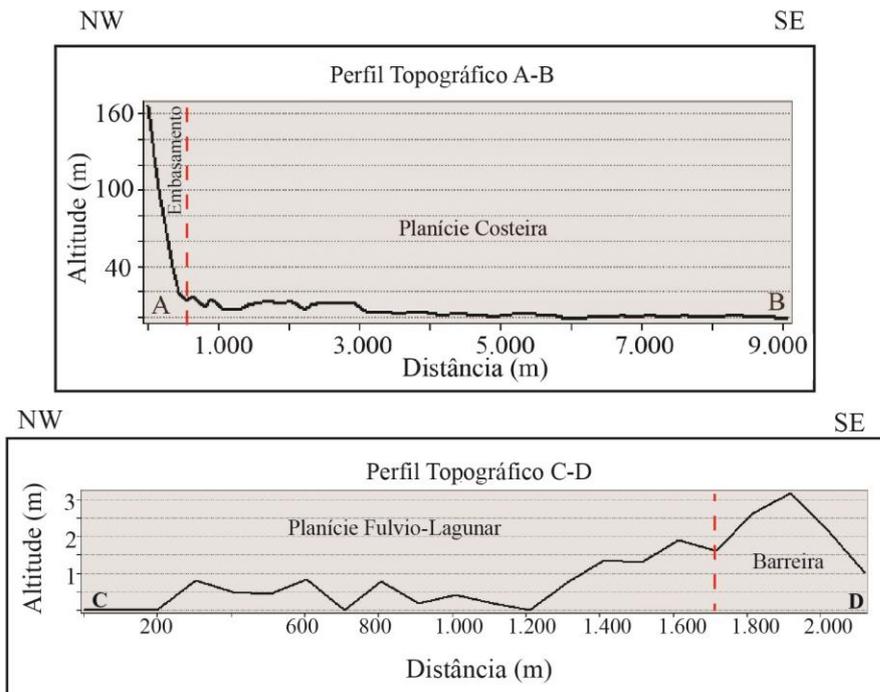
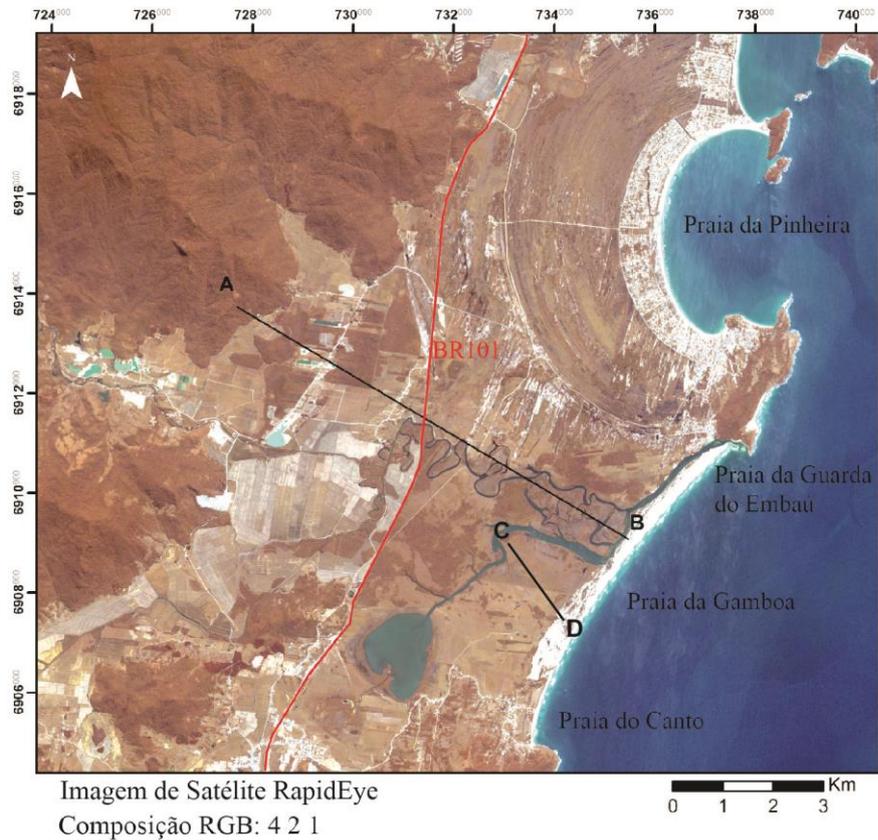
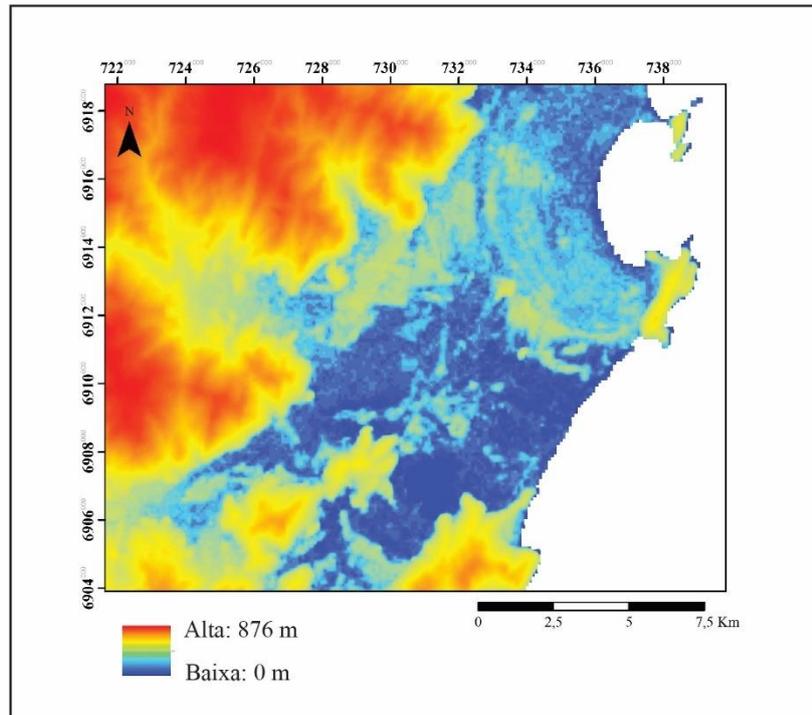


Figura 16. Mapa produzido a partir de imagem de satélite RapidEye, com composição falsa cor RGB: 4 2 1. Enseada da praia da Pinheira, praia da Guarda do Embaú, praia da Gamboa e praia do Canto são mostradas no mapa. O acesso principal BR 101 também está evidenciado. São apresentados dois perfis topográficos, gerados a partir de dados de altitude da versão 4 do SRTM. Perfil A-B mostra a diferença topográfica entre o embasamento cristalino e a planície costeira holocênica. O perfil C-D trata da diferença de nível entre a barreira costeira holocênica e a planície fluvio-lagunar.

I



II

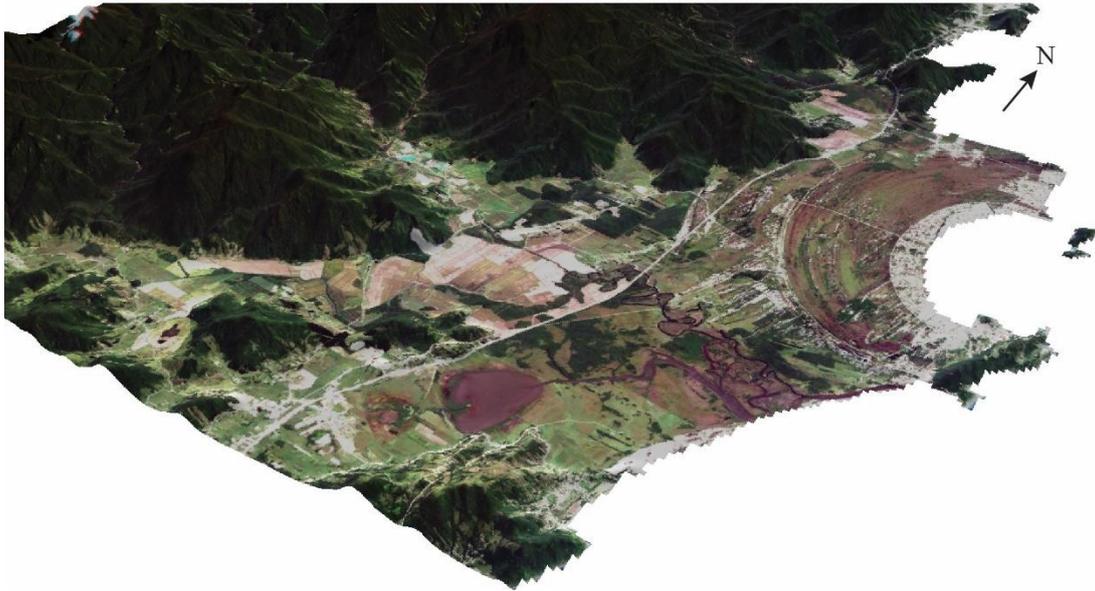


Figura 17. I) Mapa da área de estudo gerado com imagem da versão 4 do SRTM, dados altimétricos. Zonas de coloração vermelha mostram cotas mais elevadas. Em tons vermelho alaranjado embasamento cristalino. Tons de coloração azul e porções amarelas mais a leste encontra-se os depósitos da planície costeira. II) Figura gerada no software ArcScene<sup>®</sup> (ESRI), utilização de imagem de alta resolução RapidEye composição colorida verdadeira e dados altimétricos SRTM.

A análise multiespectral foi realizada com imagem óptica do satélite Landsat 7, sensor ETM+ para escala regional, a fim de compreender os sistemas deposicionais continental, transicional e marinho. Ademais, foram utilizadas imagens ópticas RapidEye para escalas de maior detalhe, em decorrência da melhor resolução espacial (5 m) que essas imagens apresentam em relação as imagens Landsat (28 m) (Fig. 18). As imagens RapidEye atuam em 5 faixas do espectro eletromagnético, as três bandas do visível, infravermelho e infravermelho próximo, o que permite a geração de mapas com diferentes composições coloridas a partir do espectro de frequência captado pela imagem.

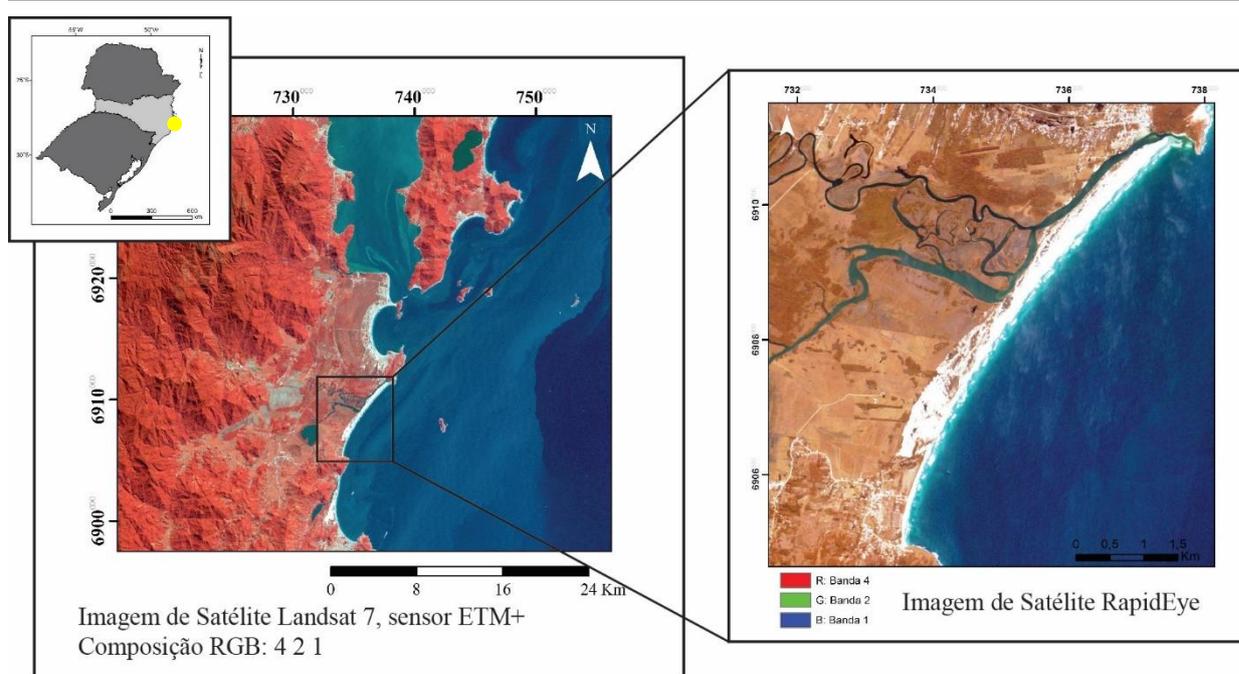


Figura 18. Mapa produzido a partir de imagem de satélite Landsat 7, sensor ETM +, escala regional, composição colorida RGB: 4 2 1. Área de estudo em evidência. Mapa de escala local produzido a partir de imagem de satélite RapidEye com composição colorida RGB: 4 2 1.

O trabalho utilizou diversas composições falsa-cor no estudo dos depósitos costeiros (Fig. 19). O sistema aluvial está em evidência nas diferentes composições. A figura ainda mostra meandros abandonados e a convergência do sistema fluvio-lagunar para a parte central da área. A banda 5 (infravermelho) é utilizada nos mapas I e II. Já a banda 4 (infravermelho próximo) é empregada apenas no mapa III. Além das bandas 4 e 5 a produção dos mapas contou com a modificação das bandas do visível.

A análise espectral do sistema laguna-barreira mostra os depósitos eólicos e praias da barreira costeira holocênica IV. Esses depósitos ocorrem na coloração branca, em todas as composições geradas, devida à alta reflectância dos sedimentos quartzosos. O comportamento

espectral da água limpa em seu estado líquido apresenta baixa reflectância ( $0,38 \mu\text{m}$  e  $0,70 \mu\text{m}$ ) (Novo, 1989). Logo, as zonas com cotas mais baixas da planície costeira, compostas pelo sistema meandrante e lagunar, sugerem uma coloração mais escura que as áreas adjacentes. Os sistemas fluviais, com maior parcela de sedimentos clásticos, aparecem com maior reflectância dos corpos aquosos (Novo, 1989). Essa tendência está representada nos mapas falsa cor I, II, III e IV da Figura 19, em que as águas decorrentes da Lagoa do Ribeirão e rio da Lagoa possuem maior reflectância do que as águas do sistema fluvial rio da Madre.

As áreas de maior densidade vegetal estão localizadas próximas ao sistema fluvial e recobrando as encostas, devido à maior umidade no solo e disponibilidade de nutrientes. As composições produzidas a partir das bandas 4 e 5 na Figura 19: I, II e III, evidenciam a vegetação em função da reflexão dos comprimentos de onda infravermelho próximo e infravermelho.

A barreira costeira holocênica, principal feição estudada neste trabalho, possui direção NE-SW, paralela à linha de costa, e está localizada entre a praia e a planície fluvio-lagunar, formando assim um sistema laguna-barreira. A sua forma é alongada medindo cerca de 7 km ao longo do seu eixo maior e sua largura varia de 200 a 500 m dependendo da posição na barreira. As porções mais estreitas encontram-se próximo à praia da Guarda do Embaú, já as porções mais largas da barreira estão localizadas mais ao sul, próximo à praia do Canto e no centro adjacente ao sistema fluvial do rio da Madre.

A distribuição das radarfácies, profundidade e dimensões, aliados à influência do embasamento na estruturação dos depósitos ao longo da barreira holocênica possibilitou a compartimentação da barreira em três setores principais: setor norte, central e sul (Fig. 20). O setor norte está localizado na porção mais próxima à desembocadura dos rios da Lagoa e da Madre, sendo a maior parte da área norte considerada pertencente à praia da Guarda do Embaú. O setor central é o setor que compreende as maiores dimensões, com cerca de 3 km de extensão, localizado na praia da Gamboa. Já o setor sul encontra-se próximo à praia do Canto sendo separado desta apenas pelo embasamento que é aflorante na área.

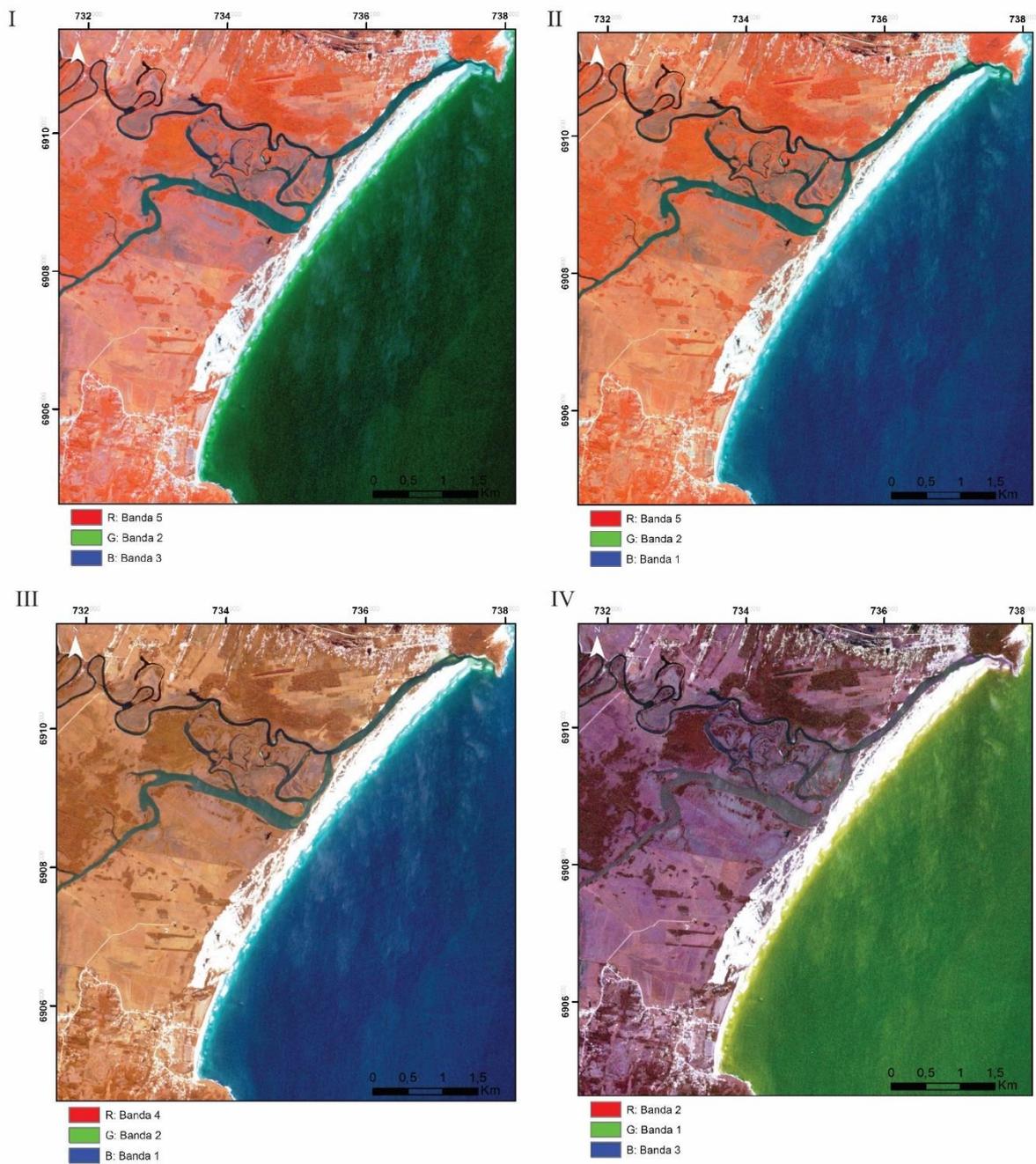


Figura 19. Mapas produzidos a partir de imagens RapidEye composição falsa cor evidenciando a barreira costeira e interação fluvio-lagunar. I. Composição RGB 5 2 3. II. Composição RGB 5 2 1. III. Composição RGB 4 2 1. IV. Composição RGB 2 1 3. Em todos os mapas a barreira holocênica aparece na coloração branca.

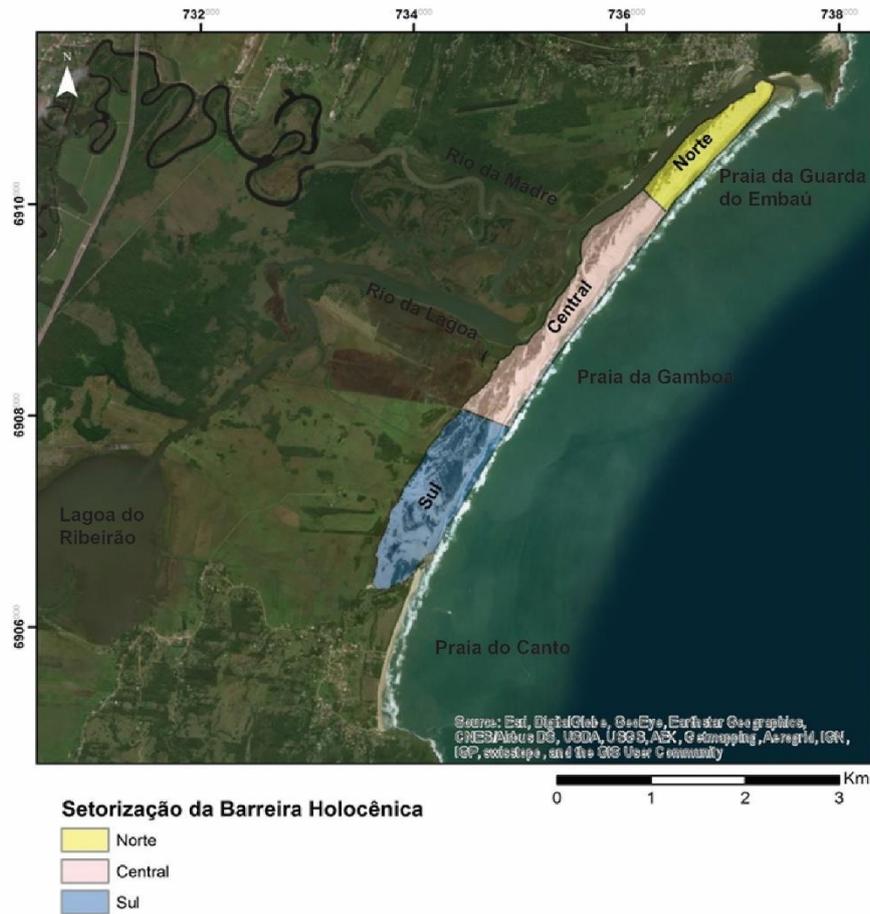


Figura 20. Mapa da setorização da barreira costeira holocênica. O segmento norte compreende a praia da Guarda do Embaú; setores central e sul pertencem à praia da Gamboa.

Os dados adquiridos com as antenas de georradar totalizaram 28 seções, sendo 26 com a antena aérea de 80 MHz e duas com a antena de contato de 270 MHz. Seções contendo dados de posicionamento insuficientes ou que eram demasiadamente curtas foram excluídas, totalizando 24 seções de 80MHz e duas seções de 270 MHz (Figs. 21 e 22). Os perfis gerados foram nomeados de acordo com o local onde foram adquiridos e numerados em ordem crescente (ex: GAMBOA\_0013). A exclusão de algumas seções não alterou a numeração das demais.

Nos setores norte, central e sul da barreira costeira foi utilizada apenas a antena de 80 MHz nas aquisições, devido a questões logísticas e de modo a adquirir dados em maior profundidade. As seções executadas no setor norte da barreira encontram-se próximo à interação entre o sistema fluvio-lagunar e o mar e possuem em média janela de aquisição de 23 m de profundidade (GAMBOA\_0015, GAMBOA\_0016, GAMBOA\_0017, GAMBOA\_0018, GAMBOA\_0019, GAMBOA\_0020 e GAMBOA\_0021) (Fig. 21 A).

Os perfis situados no setor central da barreira têm diferentes direções, devido à maior dificuldade logística que essa área apresenta. Tais perfis também dispõem de uma janela de aquisição com cerca de 23 m de profundidade (GAMBOA\_0022, GAMBOA\_0023, GAMBOA\_0024, GAMBOA\_0025 e GAMBOA\_0026) (Fig. 21 B). Diferentemente dos setores norte e central, as aquisições feitas na porção sul da barreira costeira possuem maior janela de aquisição, chegando a cerca de 45 m de profundidade. Essas seções também possuem diferentes direções (GAMBOA\_0001, GAMBOA\_0002, GAMBOA\_0003, GAMBOA\_0004, GAMBOA\_0006, GAMBOA\_0007, GAMBOA\_0009, GAMBOA\_0011, GAMBOA\_0013 e GAMBOA\_0014) (Fig. 22 C). Com o sistema acoplado a antena de 270 MHz foram adquiridos dois perfis perpendiculares à linha de praia na Praia do canto (PCANTO\_002 e PCANTO\_003) (Fig. 22 D).

Os dados de georradar, especificamente as características dos refletores, foram descritos segundo as terminologias aplicadas à estratigrafia de radar. As terminologias descritivas foram incorporadas e em parte modificadas das utilizadas pela estratigrafia sísmica definidas por Mitchum *et al.* (1977), Campbell (1967) e Allen (1982) (*apud* Neal, 2004), como citado anteriormente (Fig. 12). A partir da identificação de padrões de refletores quanto à forma, mergulho, relação entre os refletores, continuidade e outras observações importantes como dimensões de pacotes, foi possível determinar 6 radarfácies nos perfis coletados com a antena de 80 MHz (Quadro 6), sendo a Rf1, Rf2a e Rf2b as radarfácies de maior representatividade nas seções.

A radarfácies Rf1 ocorre em todos os setores da barreira holocênica com ampla continuidade e distribuição. Possui em média dois pacotes com cerca de 3 m de espessura em cada seção com profundidades aproximadas de 0 a 2,5 m e pacotes mais profundos atingindo até 12,5 m. Os refletores possuem forma paralela a sinuosa o que os difere dos demais refletores encontrados nas seções. Também é representativa a sua alta amplitude e continuidade, podendo muitas vezes ser mapeada ao longo de toda a extensão da seção trabalhada.

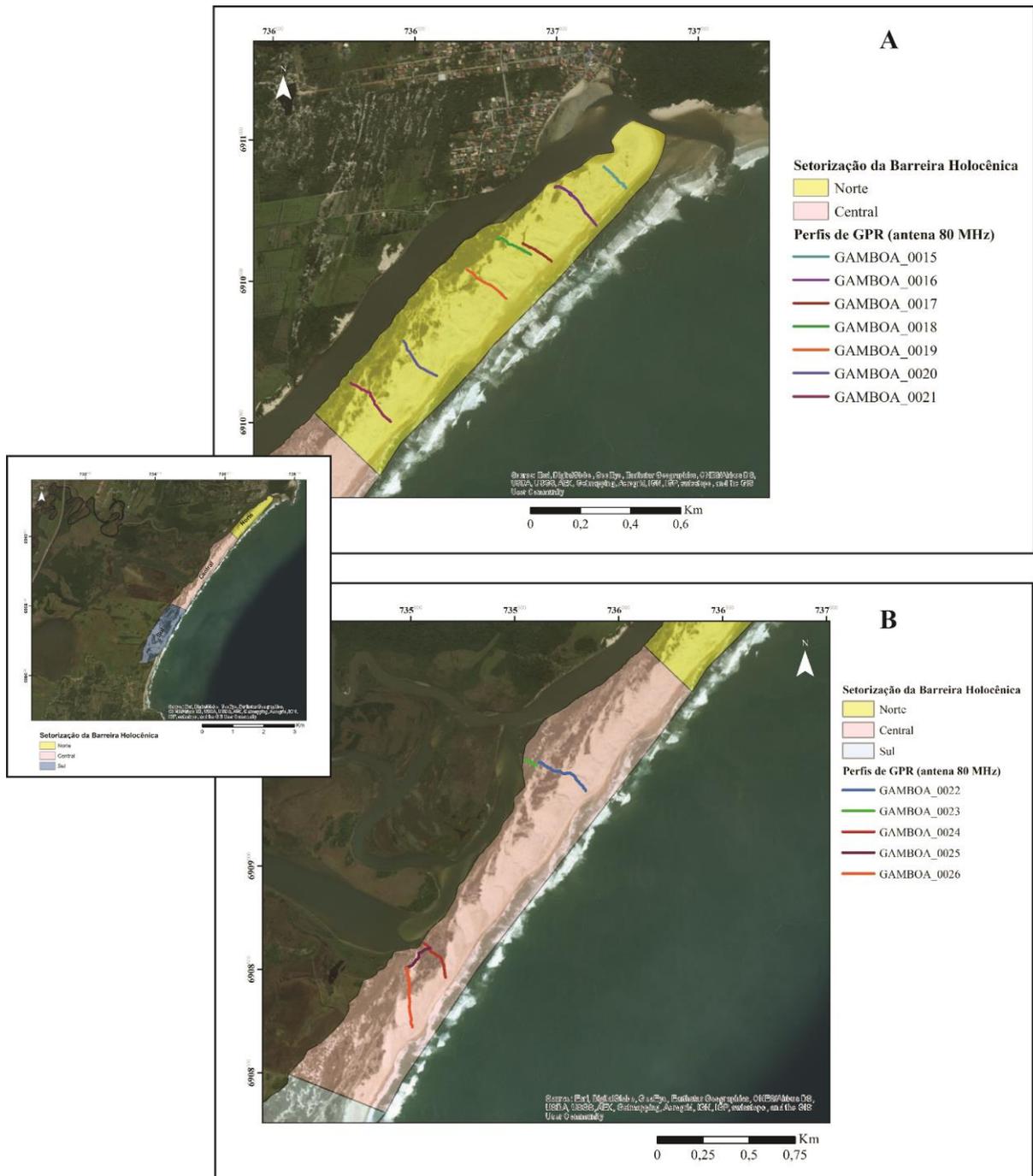


Figura 21. Mapas produzidos a partir de imagem de satélite (*basemap* – ESRI ArcGIS®). **A)** Localização dos sete perfis de GPR (antena de 80 MHz) executados no setor norte da barreira costeira. **B)** Localização dos cinco perfis de GPR (antena de 80 MHz) executados no setor central da barreira costeira.

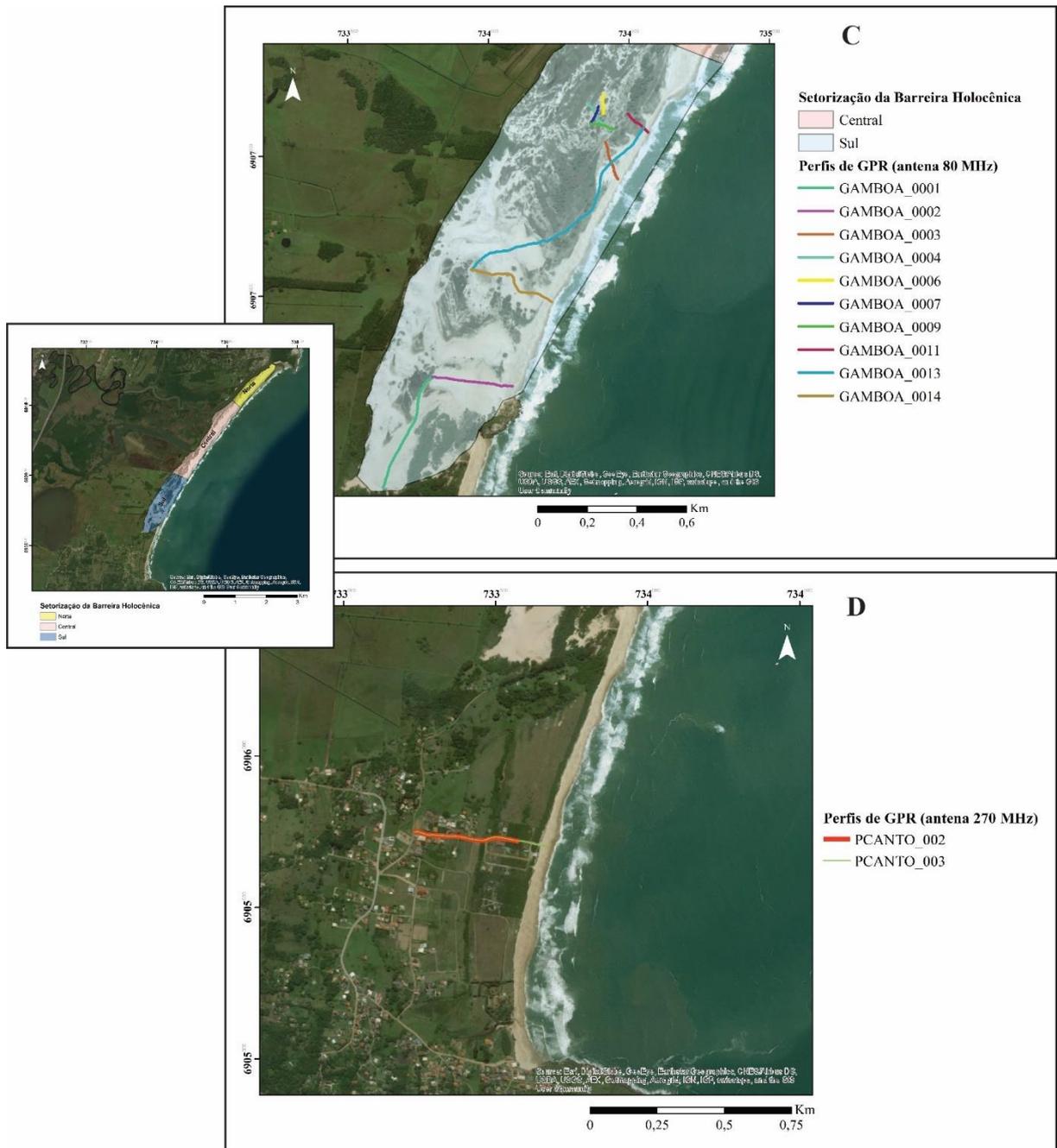
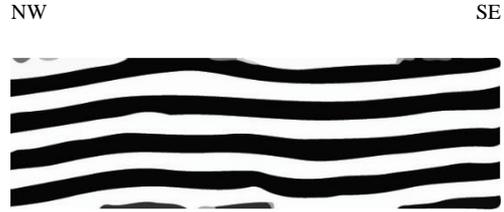
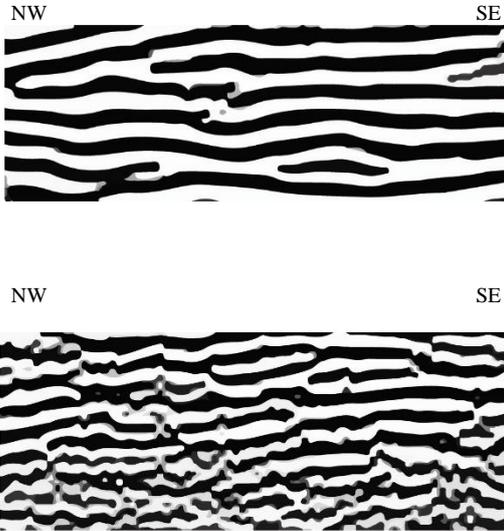
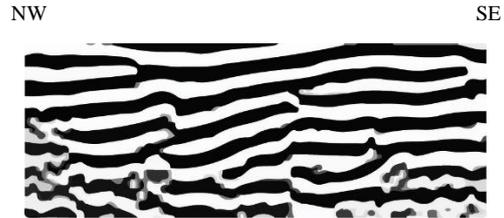
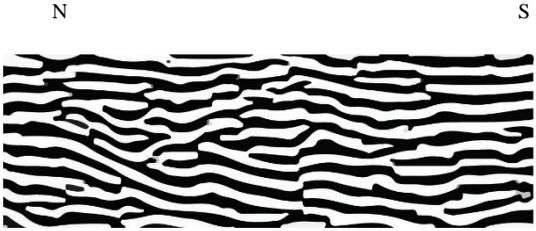
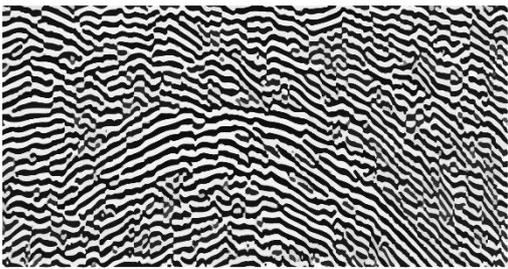


Figura 22. Mapas produzidos a partir de imagem de satélite (*basemap* – ESRI ArcGIS®). **C)** Localização dos dez perfis de GPR (antena de 80 MHz) executados no setor sul da barreira costeira. **D)** Localização dos dois perfis de GPR (antena de 270 MHz) executados perpendicularmente à linha de costa, localizados na praia do Canto.

Quadro 6. Radarfácies descritas segundo as terminologias encontradas em Neal (2004). Antena de 80 MHz. Setores norte, central e sul da barreira costeira holocênica.

Rf	Descrição	Imagens
1	<p>Forma: plano paralela a sinuosa.  Mergulho: horizontal, por vezes baixo ângulo.  Relação entre os refletores: predomínio de configuração subparalela, ocasionalmente oblíqua.  Continuidade: refletores contínuos.  Amplitude: alta.  Dimensões aproximadas: Conjuntos de refletores de 2,5 m a 3 m de espessura com continuidade lateral</p>	
2a	<p>Forma: sigmoidal a sinuosa.  Mergulho: multidirecional podendo variar de baixo a médio ângulo.  Relação entre os refletores: oblíqua a subparalela, truncamentos oblíquos.  Continuidade: refletores moderadamente contínuos.  Amplitude: alta  Dimensões aproximadas: pacotes de espessura variável conforme a continuidade, média de 2 m de espessura.</p> <p>Obs: as imagens I e II representam a mesma radarfácies porém em profundidades diferentes. A imagem II ocorre em maior profundidade (a partir de aproximadamente 10 m) e com aumento significativo de ruídos.</p>	
2b	<p>Forma: Sigmoidal.  Mergulho: médio a alto ângulo, multidirecional.  Relação entre os refletores: oblíqua.  Continuidade dos refletores: moderadamente contínuos.  Amplitude: alta.  Dimensões: Pacotes de espessura variável conforme a continuidade, média de 2 m na porção mais espessa. Pacotes estreitos de média de 1 m também ocorrem.</p>	

3	<p>Forma: convexa.  Mergulho: médio a alto ângulo.  Relação entre os refletores: subparalela a oblíqua.  Continuidade dos refletores: contínuos.  Amplitude: alta.  Dimensões: pacote de 8 m de espessura e 40 m de largura. Abaixo de 15 m de profundidade.</p>	
4	<p>Forma: sinuosa.  Mergulho: multidirecional.  Relação entre os refletores: predominantemente oblíqua.  Amplitude: média.  Continuidade dos refletores: moderadamente contínuos a descontínuos.  Dimensões: pacote irregular de 10 m de espessura e 60 m de largura.</p>	
5	<p>Forma: convexa  Mergulho: multidirecional.  Relação entre os refletores: oblíqua.  Continuidade dos refletores: descontínuos.  Amplitude: média.  Dimensões: pacote irregular de aproximadamente 8 m de espessura, extremidades irregulares com largura aproximada de 50 m. Ocorrência abaixo de 12,5 m de profundidade.</p>	
6	<p>Forma: livre a convexa.  Mergulho: multidirecional.  Relação entre os refletores: oblíqua a caótica.  Continuidade dos refletores: descontínuos.  Amplitude: Baixa.  Dimensões: Pacotes com mais de 40 m de profundidade e continuidade lateral quilométrica.</p>	

A distribuição, ocorrência e relação das Rf2a (I e II) e Rf2b permitiu descrever essas radarfácies como representando cortes diferentes da mesma feição. A Rf2a I e a Rf2a II diferem entre si apenas em relação à profundidade em que ocorrem, sendo a Rf2a II de

ocorrência em maiores profundidades e, assim, sujeita a maior quantidade de ruídos, o que interfere na sua resolução. A Rf2b representa um corte da radarfácies Rf2 com mergulhos multidirecionais de médio a alto ângulo. São padrões bem característicos em todos os setores da barreira, e de profundidade variada com exceção da Rf2a II que ocorre sempre abaixo de 10 m.

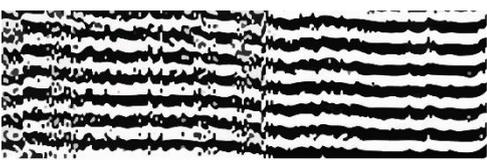
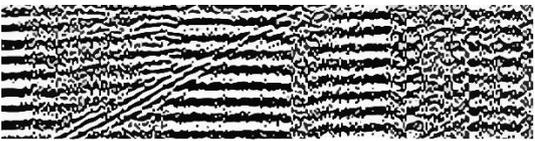
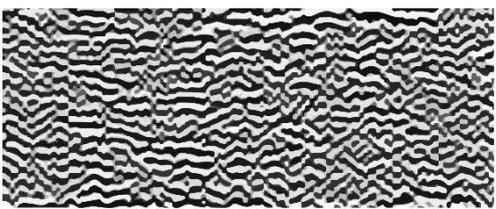
A radarfácies Rf3 possui forma convexa e ocorre abaixo dos 15 m de profundidade sendo encontrada apenas na seção GAMBOA\_0019, no setor norte. Caso parecido ocorre com as radarfácies Rf4 e Rf5. A Rf4 é encontrada somente na seção GAMBOA\_0026 e a Rf5 na GAMBOA\_0022, localizadas no setor central e no setor norte, respectivamente.

Os ruídos estão presentes em grande parte das seções de georradar e ocorrem devido a interferências nas frequências emitidas e captadas pelas antenas. A fim de estabelecer se os ruídos possuem significado geológico ou poderiam ser correlacionados a alguma característica específica da barreira foi realizada uma análise sistematizada das ocorrências. O Quadro 7 sintetiza os quatro principais ruídos e os descreve de forma objetiva, de acordo com as principais feições encontradas em cada caso. São reportadas as principais localizações em que ocorrem ao longo da seção e também as profundidades, quando esta é determinada.

Na Figura 23, são mostradas partes de duas seções pertencentes ao setor norte da área estudada. A seção GAMBOA\_0016 está localizada no extremo norte, próximo à desembocadura do sistema fluvio-lagunar e a seção GAMBOA\_0019 está localizada um pouco mais ao sul. Ocorre uma grande diversidade de radarfácies nas duas seções com predominância das Rf1 e Rf2aI na seção mais ao norte desse setor. Os pacotes da Rf1 são bem definidos nos dois perfis, alcançando maiores profundidades na seção GAMBOA\_0019. Nota-se um estreitamento dos pacotes de Rf2aI na seção GAMBOA\_0016 e uma maior abrangência da Rf1 na seção.

Parte das seções GAMBOA\_0022 e GAMBOA\_0026 são mostradas na Figura 24. Esses perfis são importantes do ponto de vista descritivo, pois são os únicos em que as radarfácies 4 (Rf4) e 5 (Rf5) ocorrem. As seções estão localizadas no setor central da barreira holocênica. Assim como nas seções anteriormente descritas, o perfil GAMBOA\_0022 e o perfil GAMBOA\_0026 possuem dois pacotes de Rf1 com profundidade próxima a 10 m. Nota-se o aprofundamento gradual a partir dos 200 m de distância na seção GAMBOA\_0026. Já o segmento pertencente à seção GAMBOA\_0001, localizado no setor sul da barreira holocênica (Fig. 25), possui uma janela de aquisição maior em relação aos dados anteriormente mostrados. Essa seção está posicionada próximo ao embasamento e, em termos de radarfácies, apenas as radarfácies 1 (Rf1) e 6 (Rf6) integram à seção.

Quadro 7. Ruídos presentes nas seções obtidas com antena de 80 MHz.

Identificação	Descrição	Imagem
A	<p>Ruído ocorre predominantemente no início do dado e no final. Seções localizadas no setor norte da área possuem maior abundância desse tipo de ruído, principalmente próximo ao mar e/ou cursos d'água.</p>	
B	<p>Ruído de amplitude alta. Ocorre a partir de 10 m de profundidade ao longo das seções. Predominante no setor central da barreira.</p>	
C	<p>Ruído de amplitude variada. Ocorre a partir de 10 m de profundidade e ao longo da seção. Apenas na seção GAMBOA_0026 (setor central)</p>	
D	<p>Ruído comum em todas as seções. Refletores descontínuos com relação caótica.</p>	

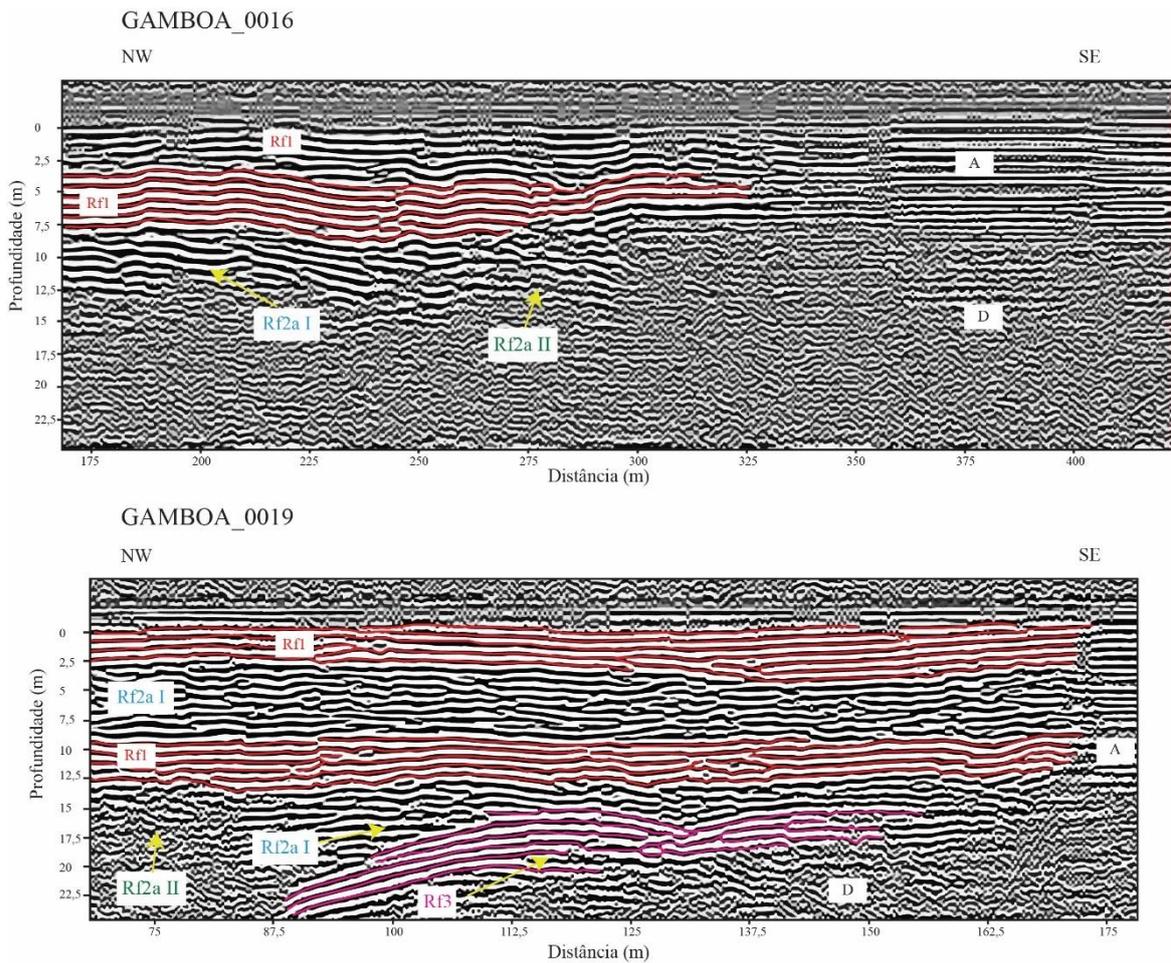


Figura 23. Segmentos das seções GAMBOA\_0016 e GAMBOA\_0019 pertencentes ao setor norte da área. Radarfácies 1 (Rf1), 2a I (Rf2a I), 2a II (Rf2aII) e 3 (Rf3). Ruídos A e D.

Os perfis realizados na praia do Canto (PCANTO\_002 e PCANTO\_003) foram levantados com a antena de contato de 270 MHz. Esses perfis não foram descritos em termos de radarfácies em decorrência do trabalho ter como foco principal a evolução da barreira holocênica das praias da Gamboa e da praia da Guarda do Embaú. As seções PCANTO\_002 e PCANTO\_003 foram realizadas em decorrência de diferentes feições superficiais terem sido encontradas nessa praia quando comparadas às das praias da Gamboa e da Guarda do Embaú. Essas feições possuem textura ondulada, com a presença de cristas e cavas de amplitude baixa (Figs. 26 e 27).

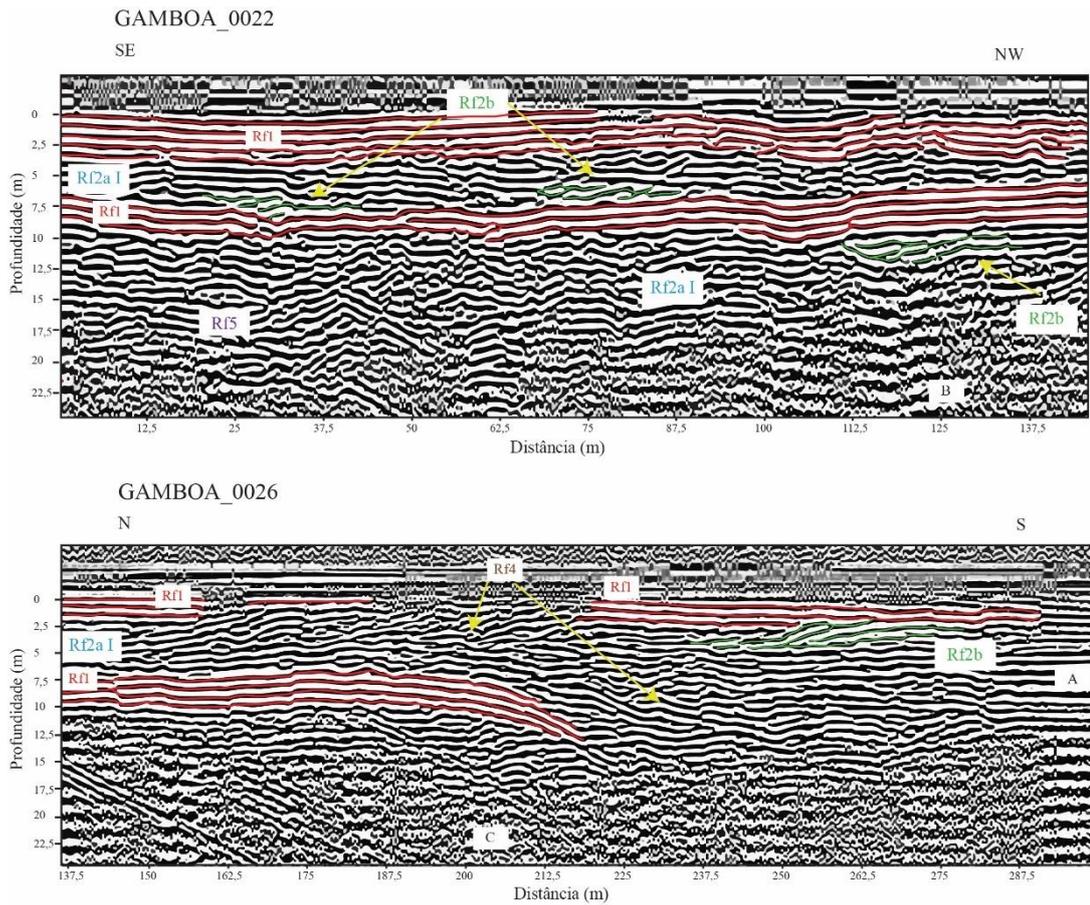


Figura 24. Segmentos das seções GAMBOA\_0022 e GAMBOA\_0026, pertencentes ao setor central da área. Radarfácies 1 (Rf1), 2a I (Rf2a I), 2b (Rf2b), 4 (Rf4) e 5 (Rf5). Ruídos A, B e C.

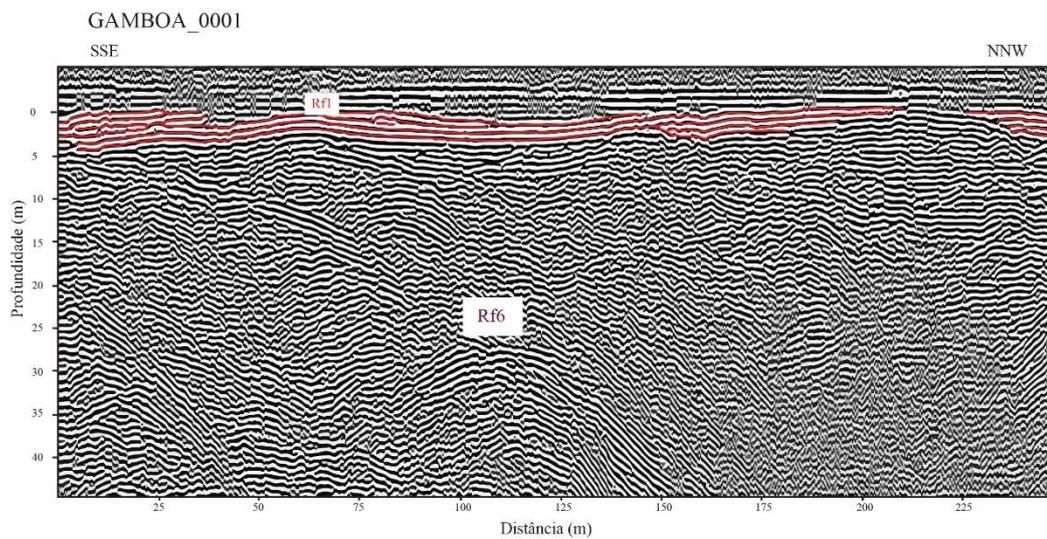


Figura 25. Segmento da seção GAMBOA\_0001 pertencente ao setor sul da área. Radarfácies 1 (Rf1) e 6 (Rf6).



Figura 26. Foto captada por veículo aéreo não tripulado (VANT). Praia do Canto, Paulo Lopes-SC. Depósito praial e eólico. O setor com morfologia ondulada está delimitado em vermelho. Neste há o predomínio de vegetação do tipo gramíneas.

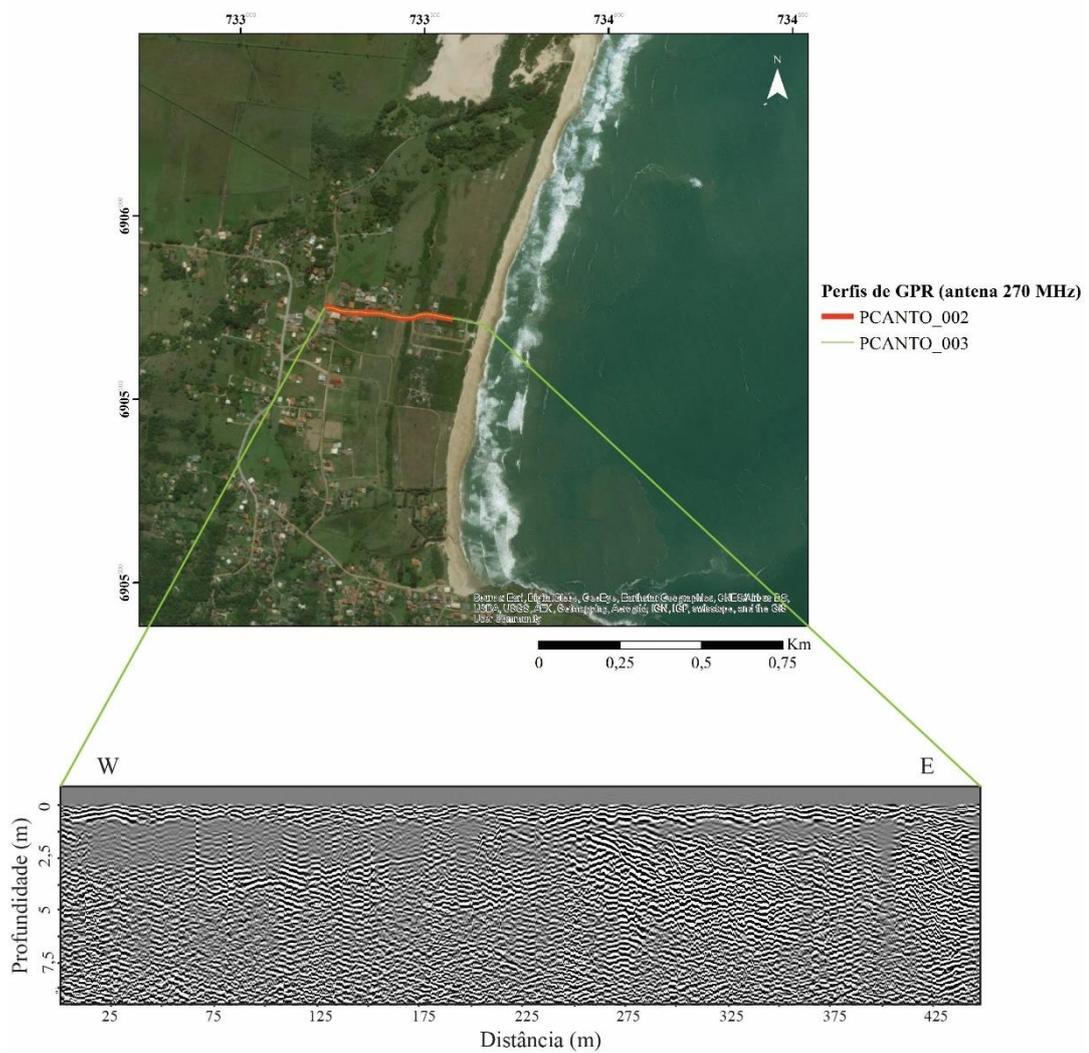


Figura 27. Perfis realizados perpendicularmente à linha de costa, com a antena de contato de 270 MHz na praia do Canto. A seção de GPR mostra os depósitos em subsuperfície até 8 m de profundidade.

## 5. DISCUSSÃO

O estudo estratigráfico e evolutivo dos depósitos costeiros quaternários a partir da aplicação de técnicas de georradar vem crescendo muito nos últimos anos e representa um dos principais meios para caracterização da barreira costeira holocênica (Neal, 2004; Barboza *et al.*, 2011). Isso se deve ao fato das respostas obtidas com esse método serem muito representativas em termos de depósitos sedimentares.

Da mesma forma, a utilização do método georradar na área de estudo teve como principal objetivo a investigação e interpretação dos depósitos presentes em subsuperfície a fim de compreender o comportamento da linha de costa há 6 ka. Período em que o nível do mar atingiu seu máximo para a costa sudeste brasileira (Corrêa, 1990; Angulo & Lessa, 1997; Martin *et al.*, 1979).

A discussão dos resultados obtidos foi organizada em interpretações da superfície e interpretações da subsuperfície, mostrando assim as principais feições encontradas na aplicação das técnicas de sensoriamento remoto e nas seções obtidas a partir da utilização do método georradar.

### 5.1 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DA SUPERFÍCIE

O sistema laguna-barreira pertencente à área de estudo é caracterizado pela barreira costeira holocênica e uma planície fluvio-lagunar localizada na retaguarda da barreira. Esse sistema compreende os depósitos continentais, transicionais e marinhos (Horn, 2014). A maior porção da planície é composta por uma série de canais com alta sinuosidade característica de um sistema fluvial meandrante (rio da Lagoa e rio da Madre) e por um ambiente lagunar (lagoa do Ribeirão) (Fig.1). As principais feições encontradas nesse tipo de sistema foram descritas por Miall, 1992 e estão sintetizadas na Figura 28.

As barras em pontal são elementos muito característicos do sistema fluvial meandrante e ocorrem na porção de menor velocidade no curso do rio. Essas barras são depósitos, normalmente arenosos e sofrem acreção lateral à medida que mais sedimentos trazidos pelo rio são adicionados. Outros tipos de barras, como as barras de canal, também podem ser encontradas em rios meandrantés. A erosão ativa da margem oposta às barras em pontal mantém o dique marginal do rio. Essa erosão se dá em função da maior velocidade de fluxo

nessa margem. Quando ocorre o rompimento desses diques, depósitos de rompimento de dique marginal (*crevasse splay*) são formados (Miall, 1992; Walker & Cant, 1984).

A planície de inundação é outro elemento importante em termos de extensão ao longo do curso do rio. Essa planície se forma nas áreas adjacentes ao canal ativo do rio e é inundada em períodos de cheia, mantendo assim certa umidade propícia para a vegetação se desenvolver. Além da planície elementos como o talvegue (linha de maior profundidade no leito de um rio), *chute bar* (barra em pontal formada em período de cheia) e meandros abandonados, também são feições encontradas no sistema fluvial meandrante.

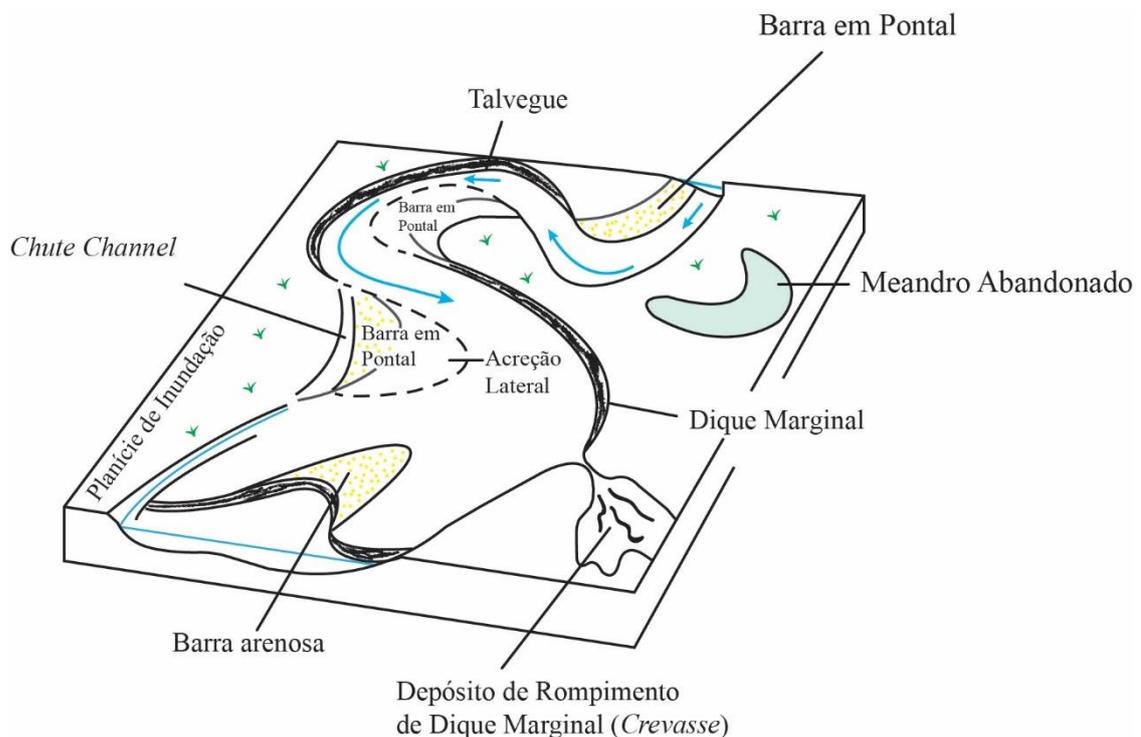


Figura 28. Bloco diagrama de um rio meandrante hipotético e os principais elementos que o compõe. (Miall, 1992).

Como citado anteriormente, a planície costeira localizada na retaguarda das praias da Guarda do Embaú e da Gamboa compreende depósitos aluviais com um sistema fluvio-lagunar (Caruso Júnior, 1995). As principais feições encontradas na planície são mostradas na Figura 29, sendo as feições fluviais as mais representativas. Além disso, os resultados de sensoriamento remoto mostram a dinâmica desse tipo de ambiente. É possível identificar a migração dos meandros, barras em pontal de dimensões métricas são encontradas afastadas do atual curso do rio.

Vários trabalhos apontam os cordões litorâneos como elementos formados durante a regressão da linha de costa e progradação dos depósitos (depósitos continentais e transicionais sobrepostos a depósitos marinhos) (Dillenburg *et al.*, 2014; Dillenburg *et al.*, 2012; Rosa, 2012). A partir dos resultados obtidos com as técnicas de sensoriamento remoto é possível distinguir os cordões litorâneos presentes na enseada da praia da Pinheira (Fig. 30), caracterizado por uma série de linhas paralelas entre si com morfologia ondulada. A análise através dos produtos de sensoriamento remoto realizada na retaguarda da barreira estudada permite determinar que feições desta natureza não são observadas, à exceção da praia do Canto, em porção restrita pelo embasamento cristalino localizada no extremo sul da área (Fig. 26).

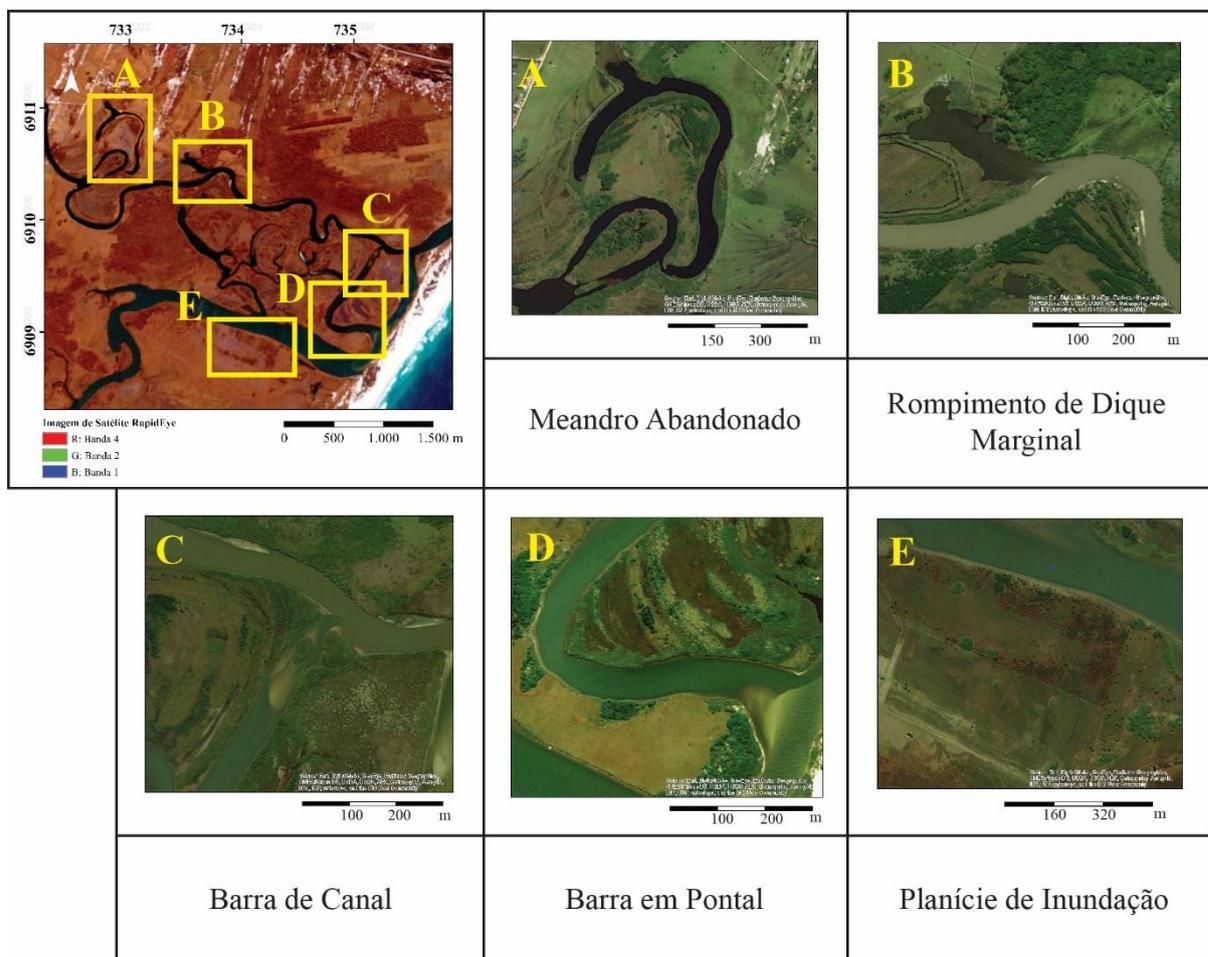


Figura 29. Elementos de sistema fluvial meandrante encontrados na planície flúvio-lagunar da área de estudo. Mapa de localização produzido a partir de imagem de satélite RapidEye, composição colorida RGB: 4 2 1. Imagens de alta resolução elaboradas a partir do *basemap* (ESRI-ArcGIS®). A) Meandro abandonado. B) Rompimento de dique marginal. C) Barra de canal. D) Barra em pontal. E) Planície de inundação.

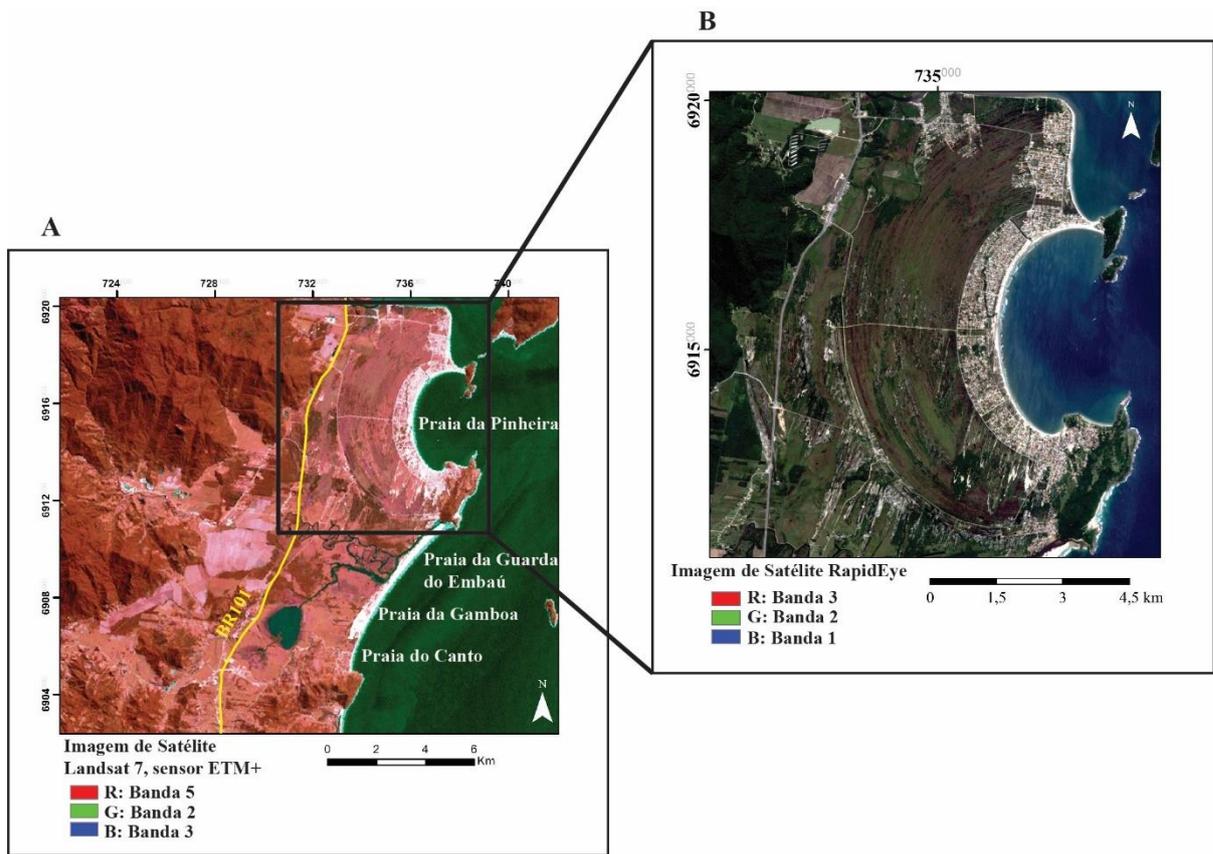


Figura 30. A) Mapa de localização produzido a partir de imagem de satélite Landsat 7, sensor ETM+. B) Mapa em detalhe da enseada da praia da Pinheira, produzido a partir de imagem de satélite RapidEye. Cordões litorâneos em destaque na área, identificados pelo conjunto de linhas paralelas em forma de meia lua.

## 5.2 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DA SUBSUPERFÍCIE

A partir da descrição das radarfácies encontradas ao longo da barreira, nos setores norte, central e sul, foi possível interpretar os elementos fluvio-lagunares, eólico e praial que compõem as seções e organiza-los em uma associação de radarfácies (Quadro 8). Algumas radarfácies se repetem em sistemas deposicionais distintos (Rf1 e Rf2a I), de forma que as diferentes interpretações foram realizadas a partir de uma combinação de critérios.

Os sistemas praial e eólico são exclusivamente caracterizados pela variação lateral da Rf1 para a Rf2a I no sentido leste, ocorrendo desde a superfície do terreno até profundidades superiores a 5 m. Esta interpretação tem como base a observação direta, já que são os sistemas sob os quais as seções foram adquiridas. Estes sistemas compõem o elemento arquitetural da barreira costeira e é limitado do sistema fluvio-lagunar subjacente por uma superfície contínua, por vezes erosiva, a partir da qual se distingue uma segunda sucessão vertical de

radarfácies. Além disso, no sentido leste, próximo à linha d'água do mar, ou no sentido oeste, próximo ao canal paralelo à costa formado pelos rios da Lagoa e da Madre, é sistematicamente observado o Ruído A. Este ruído é relacionado à cunha salina, que afeta negativamente o sinal do radar e está ilustrado nas seções GAMBOA\_0016 e GAMBOA\_0019 (Fig. 31 e Fig. 32).

Os demais ruídos ocorrem de forma aleatória, normalmente abaixo de 10 m de profundidade, e não foram diagnosticadas relações entre esses ruídos e outras feições como no caso do ruído A. Nota-se a ampla ocorrência do ruído D, contemplando todos os setores da barreira.

O sistema fluvio-lagunar, compreende grande parte das radarfácies descritas (Quadro 6), cuja combinação permite interpretar elementos de migração de barras, margem de canal, planície fluvial e depósitos de preenchimento de canal.

A Rf6 configura o embasamento cristalino, cuja interpretação é embasada, além da configuração dos refletores, pela ocorrência restrita ao setor sul da área de estudo, onde são encontrados afloramentos. Além disto, a variação em profundidade é coerente com o distanciamento dos afloramentos rochosos que são recobertos pelas dunas eólicas (Fig. 25).

Quadro 8. Associação de radarfácies presentes na barreira costeira holocênica e suas interpretações.

ASSOCIAÇÃO DE RADARFÁCIES	INTERPRETAÇÃO	
Rf1, Rf2a I	Dunas Praia (Backshore/ Foreshore)	Sistema Praial e Sistema Eólico
Rf1, Rf2a I, Rf2a II, Rf2b, Rf3 e Rf5	Barra em Pontal Barra de Canal Margem de Canal	Sistema Fluvio-Lagunar
Rf1, Rf2a I	Planície Fluvial	
Rf4	Preenchimento de Canal	
Rf6	Embasamento Cristalino	

As interpretações da subsuperfície mostraram feições equivalentes às encontradas em superfície, principalmente relativas ao sistema fluvio-lagunar. Os elementos presentes nas seções evidenciam o dinamismo dos depósitos fluviais a partir da identificação de superfícies erosivas (diastemas), que marcam a migração e erosão das diferentes fases do sistema fluvial. Também são importantes as estruturas em forma de canal como as encontradas na seção GAMBOA\_0026, embasando a interpretação da presença desses sistemas em subsuperfície (Fig. 33).

A seção GAMBOA\_0016 caracteriza o sistema fluvial em diferentes fases (Fig. 31) mostrando a erosão de um sistema mais antigo por um canal fluvial de uma fase mais recente. Essa mudança ocorre devido ao deslocamento do rio no espaço ao longo do tempo buscando sempre o ponto de ajustamento ao nível de base (perfil de equilíbrio) (Ribeiro, 2001). Esse deslocamento é responsável pela formação de superfícies erosivas (SE), consideradas como diastemas, de origem autogênica, relacionadas à dinâmica do sistema deposicional. Observa-se que os depósitos fluviais, além de variarem lateralmente, ocorrem em altitudes mais elevadas ao longo das seções, o que pode ser interpretado como um controle do nível do mar, em elevação até, aproximadamente, 6 ka.

Os canais fluviais mostram estruturas e formas que são de fácil identificação em seções de georradar, como pode ser reconhecido em diversos trabalhos (Rosa, 2012; Barboza *et al.*, 2014; Dillenburg *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2014; Watanabe, 2016 *no prelo*). A seção GAMBOA\_0026 (Fig. 33) evidencia a migração de um canal fluvial e depósitos de preenchimento de canal (Rf4). Essa seção contém elementos fundamentais para corroborar a retrogradação do sistema costeiro na área de estudo. Os depósitos identificados como fluvio-lagunares encontram-se sobrepostos pela barreira, sendo recobertos por radarfácies que configuram o registro de depósitos dos sistemas eólico e praiial. Observando o cenário atual, com a presença de um sistema fluvio-lagunar na retaguarda da barreira, podem-se analisar os elementos que compõem esses ambientes lateralmente contíguos na superfície. Os mesmos elementos são interpretados na sucessão vertical, indicando a sua superposição ao longo do tempo.

Uma análise através da estratigrafia de sequências permite determinar que o conjunto de radarfácies aqui analisado constitui parte de uma única sequência deposicional, em contexto de trato de sistema transgressivo. A seção GAMBOA\_0019 (Fig. 32) mostra uma superfície bem marcada, abaixo de 15 m de profundidade, que corresponderia a um limite de sequências (LS) e à superfície transgressiva (ST) (Pleistoceno – Holoceno). Essa superfície é expressiva quanto à descrição das radarfácies, sendo apenas nessa seção a ocorrência da Rf3. Além desta,

a superfície que limita o embasamento cristalino dos depósitos holocênicos corresponderia, também, ao limite desta sequência.

As demais superfícies identificadas constituem superfícies de tendência (Catuneanu, 2006), caracterizadas pela variação entre as radarfácies dos sistemas praias e eólicas (barreira) e as do sistema fluvio-lagunar. Internamente, são identificadas superfícies erosivas, formadas devido à dinâmica fluvial.

O projeto Garopaba, realizado pelos alunos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, desenvolvido nas disciplinas de Mapeamento Geológico I, II e III no ano de 1999, contou com a descrição de testemunhos de sondagem, executados com o método de percussão. O testemunho de sondagem nº3102 do ponto PGB3100 (relativo à faixa III do projeto), está inserido dentro da área de estudo deste trabalho (na planície fluvio-lagunar) e permitiu a interpretação de um ambiente marinho restrito (estuário ou baía) para a região, já que a maioria dos organismos encontrados toleram variações de salinidade: *Nucula semiornata*, *Ctena orbiculata*, *Ervilia sp.*, *Finella dubia*, *Olivella minuta*, *Anomalocardia brasiliensis*, *Heleobia australis* e *Corbula caribaea*. Assim, sugere-se a presença de um sistema estuarino de grande porte estabelecido na retaguarda da barreira quando esta estava posicionada em sentido *offshore*. Esta conclusão gera novas hipóteses acerca da configuração da área durante o máximo do nível relativo do mar: a barreira poderia ser similar a atual, com uma saída mais restrita a norte e a abertura deste estuário no sentido da praia da Pinheira e/ou poderia existir um *inlet* com a presença de um canal no setor central da barreira, na região em que o rio da Lagoa inflecte para nordeste. Estas hipóteses poderiam ser corroboradas com novas seções de georradar que permitissem rastrear a continuidade dos canais fluviais identificados e elaborar um modelo tridimensional de subsuperfície. Além disso, sondagens e datações são fundamentais.

Em oposição ao comportamento da barreira da Gamboa-Guarda, foi identificado um comportamento progradação na Praia do Canto. Essa progradação é identificada pelo padrão de refletores mergulhantes sentido leste a partir de uma barreira que limita esse sistema de um sistema lagunar (Fig. 34). Esse padrão de empilhamento é responsável pela morfologia ondulada dos cordões litorâneos encontrados na praia e possui cerca de 150 m de extensão (Fig. 26 e Fig. 34). A barreira delimitada em subsuperfície também pode ser reconhecida em superfície por uma faixa alongada, com cerca de 750 m de extensão, paralela à linha de costa, com uma vegetação um pouco mais desenvolvida do que a vegetação adjacente (Fig. 27). A progradação nessa área indica um comportamento regressivo da linha de costa com uma sequência deposicional inserida dentro de um trato de sistema de nível alto

além do trato transgressivo como ocorre nas praias da Gamboa e da Guarda do Embaú. Tais interpretações demonstram o diacronismo dos tratos de sistemas e das superfícies-chave na escala de observação de alta frequência.

O padrão progradacional das praias do Canto e da Pinheira e retrogradacional das praias da Gamboa e Guarda do Embaú mostram a intercalação dos comportamentos nesta região da costa de Santa Catarina, evidenciando a grande variação que esses depósitos costeiros podem apresentar em um mesmo intervalo de tempo. Ainda, se destacam as diferentes dimensões dos dois setores progradacionais, cerca de 150 m de extensão na praia do Canto e 5,5 km na praia da Pinheira (Dillenburg *et al.*, 2011).

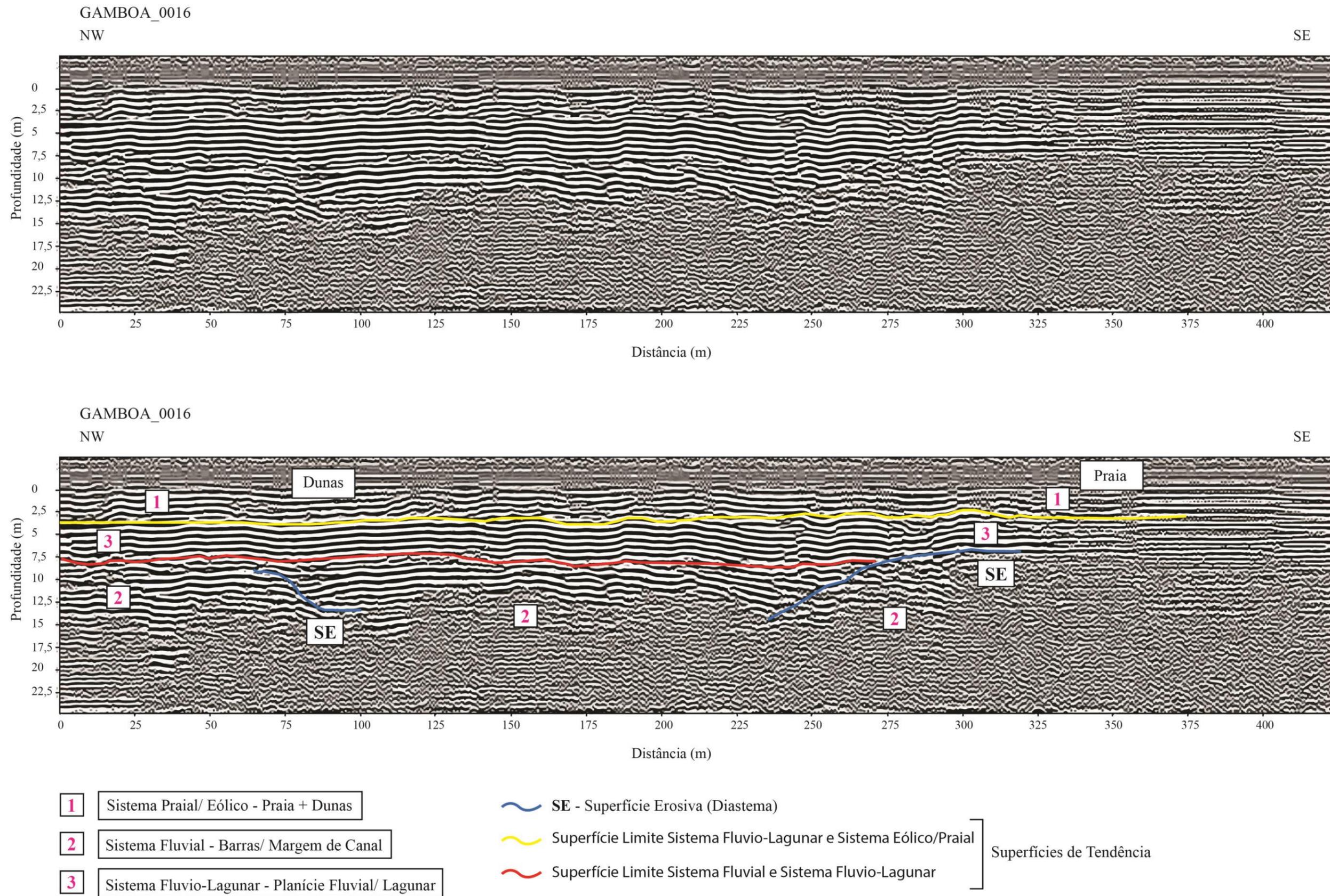


Figura 31. Interpretação da seção GAMBOA\_0016. Identificação dos principais elementos em subsuperfície do sistema laguna-barreira no setor norte da área. Detalhe para a variação lateral dos sistemas deposicionais eólico e praial e do sistema fluvio-lagunar. Superfícies erosivas (SE) formadas a partir da dinâmica fluvial.

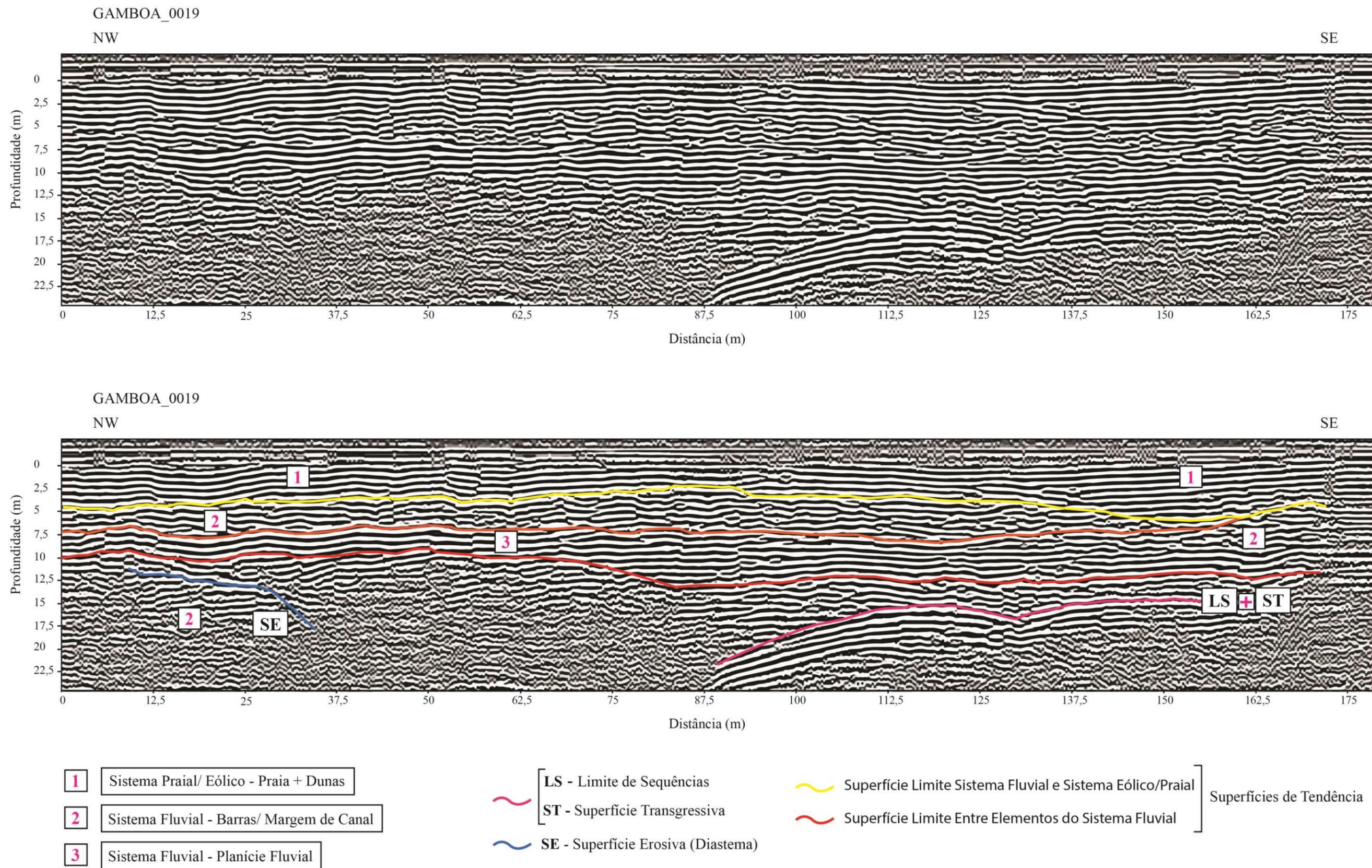
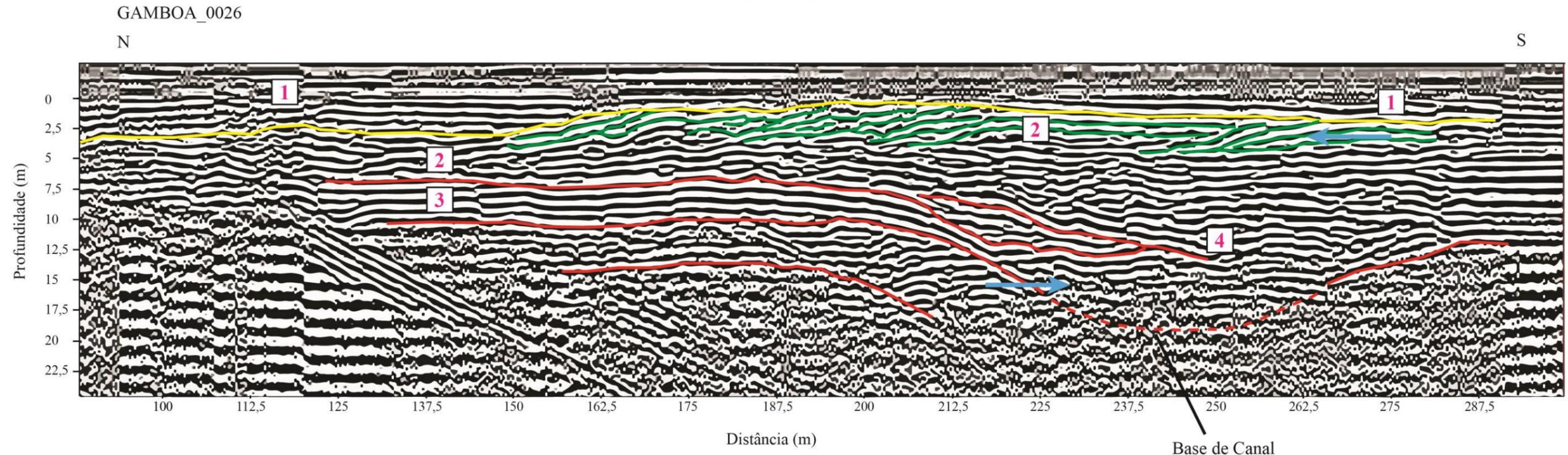
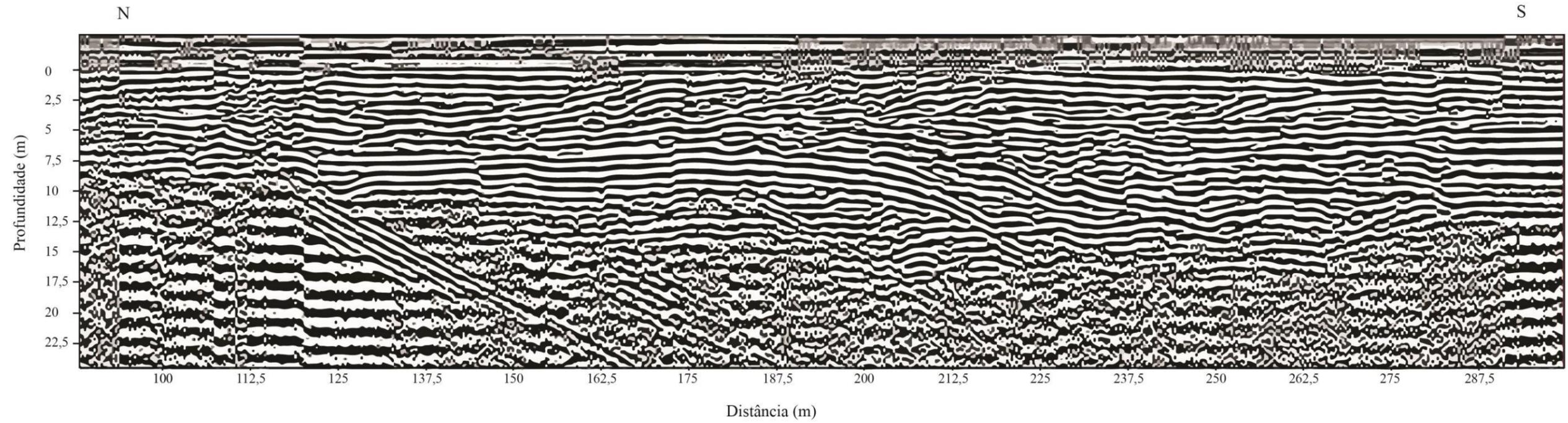


Figura 32. Interpretação da seção GAMBOA\_0019. Identificação dos principais elementos em subsuperfície do sistema laguna-barreira no setor norte da área. Superfícies de limite de sequência (LS) e transgressiva (ST) sugerem o limite entre seqüências deposicionais. Abaixo, podem ocorrer depósitos de idade pleistocênica. Identificação de superfície erosiva (SE) entre barras de canal fluvial.



1	Sistema Praial/ Eólico - Praia + Dunas		Superfícies de Tendência
2	Sistema Fluvial - Barras de Canal		
3	Sistema Fluvial - Planície Fluvial		
4	Sistema Fluvial - Preenchimento de Canal		

	Sentido de Migração da Margem de Canal	}	}
			}

	Superfície Limite Sistema Fluvial e Sistema Eólico/Praial
	Superfície Limite Entre Elementos do Sistema Fluvial
	Desenho esquemático de forma e preenchimento de canal fluvial

Figura 33. Interpretação de segmento da seção GAMBOA\_0026. Identificação dos principais elementos em subsuperfície do sistema laguna-barreira no setor central da área. Desenho esquemático de forma e preenchimento de canal fluvial, segundo Miall (1992).

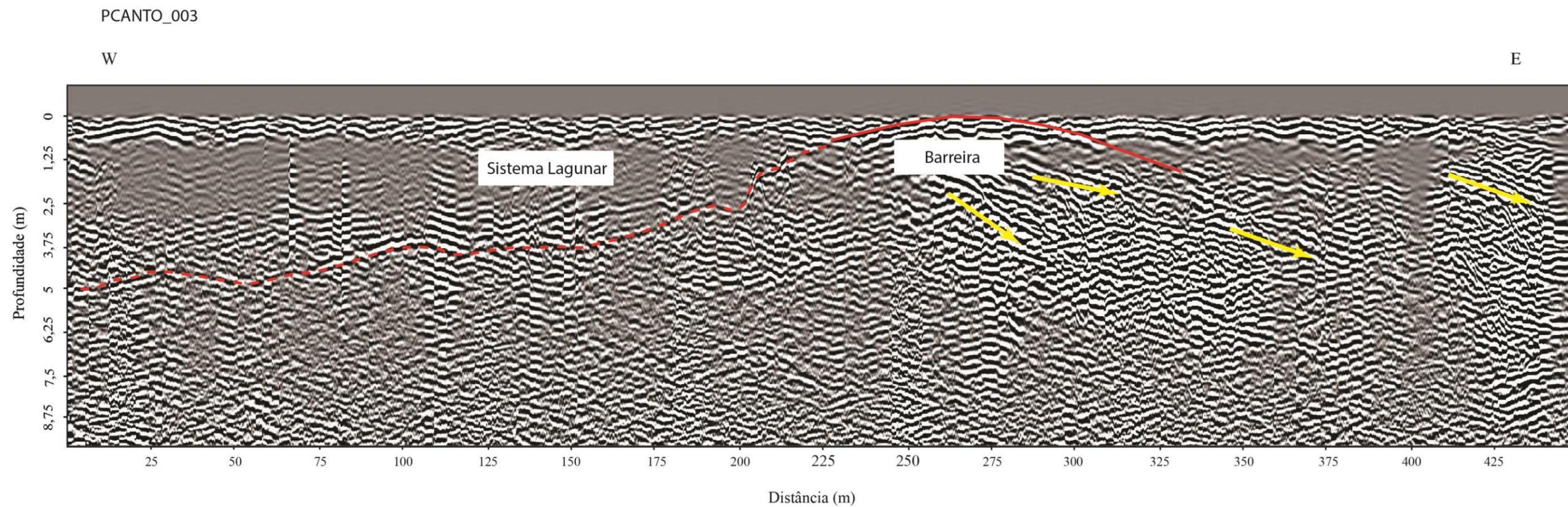
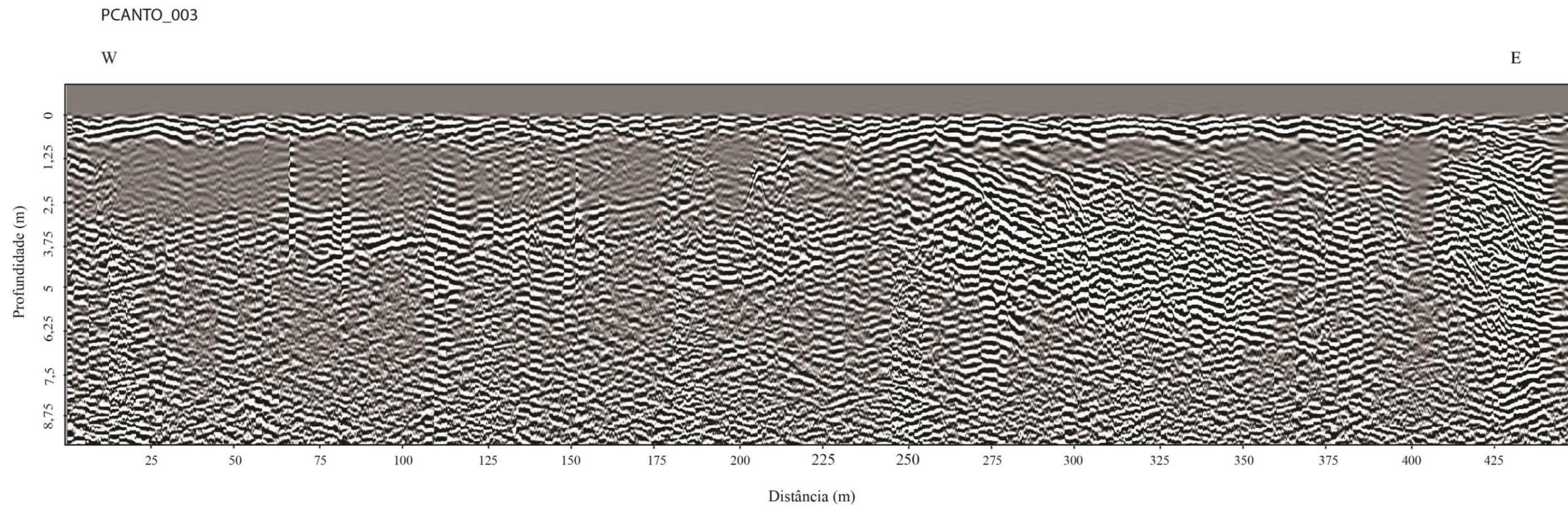


Figura 34. Identificação e interpretação dos padrões de refletos encontrados na praia do Canto, Paulo Lopes, SC (Seção PCANTO\_003). O perfil mostra a máxima posição da barreira no sentido do continente na coloração vermelha, ou seja, o máximo transgressivo. Em amarelo, os refletos inclinados no sentido do oceano, indicam a progradação, o que pode ser associado com os cordões litorâneos identificados em superfície. Na retaguarda da barreira encontram-se sedimentos argilosos, caracterizados pela atenuação do sinal, interpretado como um sistema lagunar.

## 6. CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos em superfície e em subsuperfície são expostas as seguintes conclusões:

- As feições superficiais descritas no sistema laguna-barreira holocênico da região das praias da Gamboa e Guarda do Embaú, que compreendem depósitos fluvio-lagunares do rio da Lagoa, rio da Madre e Lagoa do Ribeirão não apresentam indícios de feições progradacionais, sendo encontrados apenas elementos do sistema fluvial meandrante e elementos do sistema lacustre na região da planície.
- Feições progradacionais, como cordões litorâneos, são encontradas na retaguarda das praias da Pinheira e do Canto, denotando assim a existência de um potencial de preservação desses depósitos na região.
- As seções adquiridas ao longo da barreira costeira holocênica mostram amplamente uma associação vertical de fácies retrogradacional, com evidências de canais fluviais, barras e outros elementos fluvio-lagunares sobrepostos por elementos praias e eólicos.

A análise e as interpretações realizadas neste estudo apontam a corroboração da hipótese de que houve uma transgressão da linha de costa na região do sistema laguna-barreira das praias da Gamboa e Guarda do Embaú, município de Paulo Lopes, SC. O registro desta transgressão combinado com o conhecimento sobre o comportamento do nível do mar durante o Holoceno permite estabelecer que não houve uma regressão da linha de costa mesmo com o nível do mar em queda após, aproximadamente, 6 ka.

A dimensão da movimentação da linha de costa, com o estabelecimento de taxas e a determinação de idades não foi realizada neste trabalho, o que se sugere que seja realizado futuramente através da aquisição de dados diretos, como furos de sondagem em alvos que podem ser definidos a partir das seções de georradar apresentadas.

## REFERÊNCIAS

ABREU, S.F.1928. O problema dos sambaquis. In: **Sambaquis de Imbituba e Laguna, Santa Catarina**. Boletim Geográfico, Conselho Nacional de Geografia, v.2, n.20, p.1136-1146.

ALLEN, J.R.L. 1983. Studies in fluvial sedimentation: bar complexes and sandstone sheets (low sinuosity braided streams) in the Brownstones (l. Devonian), Welsh Borders. **Sedimentary Geology**, 33:237-293.

ALMEIDA, F.F.M.de; HASUI, Y.; NEVES, B.B. de B. 1976. The upper Precambrian of South America. **Boletim do Instituto de Geociências**. 7:45-80.

ANGULO, R.J. & LESSA, G.C. 1997. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. **Marine Geology**, 140:141-166.

ASSINE, M.L. 2001. Evolução do conceito de sequência. In: RIBEIRO, H.J.P.S. (Ed.) **Estratigrafia de Sequências: Fundamentos e Aplicações**. São Leopoldo, RS. EDUNISINOS, 2001. 426p.

BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C.; TOMAZELLI, L.J & DILLENBURG, S.R. 2009a. Interpretação de seções de georadar no estudo da evolução da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. In: XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA, 2009, La Plata-Argentina. Resúmenes. La Plata, 2009. v.1. **Resumo** 70.

BARBOZA, E.G; DILLENBURG, S.R.; ROSA, M.L.C.C.; TOMAZELLI, L.J & HESP, P.A. 2009b. Ground-penetrating radar profiles of two Holocene regressive barriers in southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, 56:579-583.

BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C.; DILLENBURG, S.R. & TOMAZELLI, L.J. 2010. The holocene coastal barrier of Rio Grande do Sul (southern Brazil): an evaluation based on GPR data. In: The Meeting of Americas. Foz do Iguaçu, 2010. **Resumos**.

BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C.; HESP, P.A.; DILLENBURG, S.R.; TOMAZELLI, L.J. & AYUP-ZOUAIN. 2011. Evolution of the holocene coastal barrier of Pelotas Basin (southern Brazil) – a new approach with GPR data. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, 64:646-650.

BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C.; DILLENBURG, S.R.; SILVA, A.B. & TOMAZELLI, L.J. 2014. Stratigraphic analysis applied on the recognition of the interface

between marine and fluvial depositional systems. **Journal of Coastal Research**, SI 70, 687-692.

BAKER, G.S.; JORDAN, T.E. & PARDY, J. 2007. An introduction to ground penetrating radar (GPR). In: BAKER, G.S. & JOL, H.M. (eds). Stratigraphic analyses using GPR. **The Geological Society of America**. Special Paper, 432:1-18.

BITENCOURT, M.F.; BONGIOLO, E.M.; PHILIPP, R.P.; MORALES, L.F.G.; RUBERT, R.R.; MELO, C.L.; LUFT Jr, J.L. 2008. Estratigrafia do Batólito Florianópolis, Cinturão Dom Feliciano, na região de Garopaba-Paulo Lopes, SC. **Revista Pesquisas em Geociências**, 35 (1): 109-136. Instituto de Geociências UFRGS. Porto Alegre, RS. Brasil.

BOCCHI, P.R. & LIBERATORE, G. 1968. **Relatório preliminar da vistoria efetuada junto aos sambaquis e concheiros naturais (terraços) no leste do Estado de Santa Catarina, entre as cidades de Jaguaruna e Imbituba**. DNPM, Porto Alegre. 46p. (Relatório Interno).

BRISTOW, C. S. & JOL, H. M. 2003. An introduction to ground penetrating radar (GPR) in sediments In: BRISTOW, C.S. & JOL, H.M. (eds). Ground Penetrating Radar in Sediments. **Geological Society**, London Special Publications, 211: 1-7.

BROWN Jr., L.F. & FISHER, W.L. 1977. Seismic stratigraphic interpretation of depositional systems: examples from Brazilian rift and pull apart basins. In: PAYTON, C.E. (ed). **Seismic Stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration**. AAPG Memoir, 26:213-248.

CAMPBELL, I.D., CAMPBELL, C., APPS, M.J., RUTTER, N.W. & BUSH, A.B.G. 1998. Late Holocene ~1500 yr periodicities and their implications. **Geology**, 26:471-473.

CARUSO JÚNIOR. F.1985. **Síntese sobre a geologia dos sambaquis e depósitos calcáreos biodetríticos em Santa Catarina**. Florianópolis. DNPM, 13p.

CARUSO JÚNIOR.F.1992. Geologia dos depósitos de conchas calcáreas no estado de Santa Catarina. **Geosul**, n.14, p.101-136.

CARUSO JÚNIOR. F. 1995a. **Geologia e recursos minerais da região costeira do sudeste de Santa Catarina – com ênfase no Cenozóico**. Porto Alegre. 179p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CARUSO JR. F. 1995b. **Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina – Escala=1.100.000, Texto explicativo e mapa**. Brasília: Programa Cartas de Síntese e Estudos de Integração Geológica. N°1. DNPM. P.1-52.

CASTRO, E.C. 1974. **Perfil analítico das conchas calcárias**. Brasília, Boletim do DNPM, v.31, 40 p.

CASTRO, V.H.S & FERREIRA, J.A.F. 1971. **Prospecção de concheiros naturais no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, DNPM/CPRM. 71p. (Relatório Interno).

CATUNEANU, O. 2006. **Principles of Sequence Stratigraphy**. Elsevier. 387p.

CELMINS, A. 1957. **Pelotas Basin – gravity and magnetic survey interpretation**. Rio de Janeiro, PETROBRAS. Relatório Interno, n.846.

CORRÊA, I.C.S. 1990. **Analyse morphostructurale et evolution paleogeographique de la plata-forme continentale atlantique sud-bresilienne (Rio Grande do Sul – Brésil)**. Ph.D. thesis, Universite de Bordeaux I.

DAVIES, J.L. 1980. **Geographical Variation in Coastal Development**. Longman, Londres. 212p.

DELANEY, P. 1965. **Fisiografia e geologia da subsuperfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Publicação Especial**. Escola de Geologia, UFRGS. Porto Alegre, n.6, 195p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM, 1974. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo. Folha Assunción (SG-21) e Folha Curitiba (SG-22)**. Brasília. 83p. (Texto Explicativo).

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM, 1986. **Mapa geológico do Estado de Santa Catarina**. E= 1:500.000. Florianópolis.

DIEHL, F.L. & HORN FILHO, N.O. 1996. Compartimentação geológico-geomorfológica da zona litorânea e planície costeira do Estado de Santa Catarina. **Notas Técnicas**, 9, 39-50.

DILLENBURG, S.R.; ROY, P.S.; COWELL, P.J. & TOMAZELLI, L.J. 2000. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the shoreface translation-barrier model (STM). **Journal Coastal Research**, 16:71-81.

DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; TOMAZELLI, L.J.; HESP, P.A.; CLEROT, L.C.P. & AYUP-ZOUAIN, R.N. 2009. The Holocene Coastal Barriers of Rio Grande do Sul. In: DILLENBURG, S.R. & HESP, P.A. (eds). **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Springer, p.53-91.

DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G. & ROSA, M.L.C.C. 2011. Ground penetrating radar (GPR) and Standard Penetration Test (SPT) records of a regressive barrier in southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, 64:651-655.

DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; HESP, P.A.; ROSA, M.L.C.C.; ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.; GIANNINI, P.C.F.; SAWAKUCHI, A.O. 2014. Discussion: “Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: implications for complex response to environmental change” by Hein, *et al.* (2013), *Sedimentology* 60, 469–502 A transgressive barrier at Pinheira, Southern Brazil around 3 ka? **Sedimentology**. 61(7), p.2205-2212.

DONOVAN, A.D. 2001. Free market theory and sequence stratigraphy. A.A.P.G. Hedberg Research Conference on “Sequence Stratigraphic and Allostratigraphic Principles and Concepts”, Dallas, **Program and Abstracts Volume**, p.22.

EMERY, D. & MYERS, K.J. 1996. **Sequence Stratigraphy**. Blackwell, Oxford. 297p.

FLORENZANO, T.G. 2007. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo, Oficina de Textos. 2 ed. 101p.

FONTANA, R. L. 1990a. Desenvolvimento Termomecânico da Bacia de Pelotas e Parte Sul da Plataforma de Florianópolis. In: Raja GABAGLIA, G. P. & MILANI, E. J. coords. **Origem e Evolução das Bacias Sedimentares**. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, p. 377-400.

FONTANA, R. L. 1990b. Investigações Geofísicas Preliminares Sobre o Cone de Rio Grande, Bacia de Pelotas - Brasil. **Acta Geol. Leopold.**, 13(30):161-170.

FONTANA, R.L. 1996. **Geotectônica e sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis**. Porto Alegre. 2v. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FAIRBRIDGE, R.W. 1976. Shellfish-eating preceramic indians in coastal Brazil. **Science**, v.191, p.353-359.

GALLOWAY, W.E. 2001. The many faces of submarine erosion: theory meets reality in selection of sequence boundaries. A.A.P.G. Hedberg Research Conference on “Sequence Stratigraphic and Allostratigraphic Principles and Concepts”, Dallas. **Program and Abstracts Volume**, p.28-29.

GHIGNONE, J.I. 1960. Reconhecimento gravi-magnético na Bacia de Pelotas. **Boletim Técnico Petrobras**, 3(2):73-79.

GONÇALVES, R.A.; OLIVEIRA, M.A.M. & MOTTA, S.O. 1979. Geologia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis. **Boletim Técnico da Petrobras**, 22(3):157-174.

GUPTA, R. P. 2003. **Remote Sensing Geology**. Second Edition, Springer. 655p.

HEIN, C.J.; FITZGERALD, D.M.; CLEARY, W.J.; ALBERNAZ, M.B.; MENEZES, J.T.; KLEIN, A.H.F. 2013. Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: Implications for complex coastal response to environmental change. **Sedimentology**. 60(2), p.469-502.

HEIN, C.J.; FITZGERALD, D.M.; KLEIN, A.H.F.; ALBERNAZ, M.B.; MENEZES, J.T.; CLEARY, W.J. 2014. Reply to the Discussion by Dillenburg et al. on “Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: implications for complex response to environmental change” by Hein et al. (2013), *Sedimentology* 60, 469–502 A transgressive barrier at Pinheira, Southern Brazil around 3 ka?. **Sedimentology**. 61(7), p.2213-2217.

HEIN, C.J.; FITZGERALD, D.M.; KLEIN, A.H.F.; ALBERNAZ, M.B.; MENEZES, J.T.; CLEARY, W.J. 2014. Reply to the Discussion by Dillenburg et al. on “Evidence for a transgressive barrier within a regressive strandplain system: implications for complex response to environmental change” by Hein et al. (2013), *Sedimentology* 60, 469–502 A transgressive barrier at Pinheira, Southern Brazil around 3 ka?. **Sedimentology**. 61(7), p.2213-2217.

HELLAND-HANSEN, W. & MARTINSEN, O.J. 1996. Shoreline trajectories and sequences: description of variable depositional-dip scenarios. **Journal of Sedimentary Research**. V.66. 4: 670-688.

HOLZ, M. 2012. **Estratigrafia de Sequências: Histórico, Princípios e Aplicações**. Rio de Janeiro. Editora Interciência. 272p.

HORN FILHO, N.O. 2003. Setorização da província costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos. **Geosul**, 18(35): 71-98.

HORN FILHO, N.O.; LEAL R.A.; MACHADO, V.C.; MALANDRIN, A.D. 2012. Mapa geológico da planície costeira de Santa Catarina, Brasil. In: **Atlas geológico da planície costeira do estado de Santa Catarina em base ao estudo dos depósitos quaternários**. Série mapas IBGE - Mapa nº 16. Escala 1: 500.000. Florianópolis: UFSC/CFH (Departamento de Geociências e Programa de Pós-graduação em Geografia), CNPq.

HORN FILHO, N.O.; LEAL, P.C.; DAMASIO, M.; LEAL R.A.; MACHADO, V.C.; SILVA, A.F. da; COVELLO, C.; PUHL, P.R.; OLIVEIRA, J.S. de; OLINGER, J.O.; OLIVEIRA, M.S.C. de; NUNES, M.G.; NÓBREGA, M.R.; PEREIRA, M.A.; BEXIGA, G.M.S. 2012. Mapa geológico da planície costeira das folhas Paulo Lopes (SG-22-Z-D-V-4) e

Imbituba (SH-22-X-B-II-1) Santa Catarina, Brasil. In: HORN FILHO, N. O. (Org.) **Atlas geológico da planície costeira do estado de Santa Catarina em base ao estudo dos depósitos quaternários**. Série mapas IBGE - Mapa n° 7. Escala 1:100.000

HORN FILHO, N.O.; SCHMIDT, A. D.; BENEDET, C.; NEVES, J.; PIMENTA, L.H.F.; PAQUETTE, M.; ALENCAR, R.; SILVA, W.B.; VILLELA, E.; GENOVEZ, R.; SANTOS, C.G. 2014. Estudo Geológico dos Depósitos Clásticos Quaternários Superficiais da Planície Costeira de Santa Catarina, Brasil. **GRAVEL**, 12:41-107.

HUNT, D. & TUCKER, M.E. 1992. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall. **Sedimentary Geology**, 81:1-9.

HURT, W.R. 1974. **The interrelationships between the natural environment and four sambaquis, Coast of Santa Catarina, Brazil**. Indiana. Indiana University Museum, 23p.

IBGE, CIRM. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. 2011. Rio de Janeiro. 176p.

JERVEY, M.T. 1988. Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. In: C.K. WILGUS, B.S. HASTINGS, C.G.ST.C. KENDALL, H.W. POSAMENTIER, C.A. ROSS, AND J.C. VAN WAGONER (eds). **Sea level changes: an integrated approach**. SEPM Special Publication, 42:47-69.

JOL, H.M. & BRISTOW, C.S. 2003. GPR in sediments: advice on data collection, basic processing and interpretation, a good practice guide. In: BRISTOW, C.S. & JOL, H.M. (eds), **Ground Penetrating Radar in Sediments**. Geological Society, London Special Publications, 211:09-27.

LEONARDOS, O.H. 1938. **Concheiros naturais e sambaquis**. Rio de Janeiro, Boletim do DNPM, n.37, 92p.

MARTIN, L. & SUGUIO, K. 1986. Coastal Quaternary deposits of the states of Paraná and Santa Catarina. In: RABASSA, J. (ed.), **International Symposium on Sea Level Changes and Quaternary Shorelines**. São Paulo. Quaternary South Am. Antarct. Peninsula. Rotterdam, Balkema. 124p.

MARTIN, L.; SUGUIO, K. & FLEXOR, J.M. 1979. Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ). In: International symposium of coastal evolution in the Quaternary, **Proceedings**, São Paulo, Brasil, p.296-331.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. & AZEVEDO, A.E.G.de., 1988. **Mapa geológico do Quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina**. Série Geologia. Seção Geologia Básica. DNPM: Brasília, 28:1-40p. 2 mapas.

MIALL, A.D. 1992. Alluvial deposits. In: WALKER, R.G.; JAMES, N.P. (eds). **Facies Models: Response to Sea Level Change**. 119-143.

MITCHUM, R.M. Jr. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 1: Glossary of terms used in seismic stratigraphy. In: PAYTON, C.E. (ed). **Seismic Stratigraphy - Applications to Hydrocarbon Exploration**. AAPG Memoir, 26:205-212.

MORRIS, R. H. 1963. Geologia Geral das Quadrículas de Gravataí, Taquara e Rolante, Rio Grande do Sul, Brasil. **Publicação Especial da Escola de Geologia**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 5:1-37

NEAL, A. 2004. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. **Earth Science Reviews**, 66:261-330.

NOVO, E.M. 1989. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo, Ed. Edgar Blucher. 308p.

NUMMEDAL, D. & SWIFT, D.J.P. 1987. Transgressive stratigraphy at sequence-bounding unconformities: some principles derived from Holocene and Cretaceous examples. In: NUMMEDAL, D., PILKEY, O.H., HOWARD, J.D. (eds). **Sea-level fluctuation and coastal evolution**. SEPM Special Publication, 41:241-260.

PAYTON, C.E. 1977. **Seismic Stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration**. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26.

PLINT, A.G. 1988. Sharp-Based Shoreface Sequences And "Offshore Bars" In The Cardium Formation Of Alberta: Their Relationship To Relative Changes In Sea Level. In: WILGUS, C.K.; HASTINGS, B.S.; KENDALL, C.G.St.C.; POSAMENTIER, H.W.; ROSS, C.A.; VAN WAGONER, J.C. (eds.). **Sea-level changes: an integrated approach**. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publication, 42:357-370.

PLINT, A.G. & NUMMEDAL, D. 2000. The falling stage systems tract: recognition and importance in sequence stratigraphic analysis. In: HUNT, D. & GAWTHORPE, R.L. (eds). **Sedimentary responses to forced regressions**. Geological Society of London Special Publication, 172:1-17.

POSAMENTIER, H.W., JERVEY, M.T. & VAIL, P.R. 1988. Eustatic controls on clastic deposition I - conceptual framework. In: C.K. WILGUS, B.S. HASTINGS, C.G.ST.C.

KENDALL, H.W. POSAMENTIER, C.A. ROSS, AND J.C. VAN WAGONER (eds). **Sea level Changes: an integrated approach**. SEPM Special Publication, 42:109-124.

POSAMENTIER, H.W. & ALLEN, G.P. 1999. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. **Concepts in sedimentology and paleontology**, SEPM, 7, 210p.

REYNOLDS, J.M. 1997. **An introduction to applied and environmental Geophysics**. Wiley, Chichester. 796p.

RIBEIRO, H.J.P.S. 2001. Fundamentos de Estratigrafia de Sequências. In: RIBEIRO, H.J.P.S. (Ed.) **Estratigrafia de Sequências: Fundamentos e Aplicações**. São Leopoldo, RS. EDUNISINOS, 2001. 426p.

ROSA, M.L.C.C. 2012. **Geomorfologia, estratigrafia de sequências e potencial de preservação dos sistemas laguna-barreira do quaternário costeiro do rio grande do sul**. Porto Alegre. Tese de Doutorado em Geociências. Instituto de Geociências, UFRGS. 237p.

ROSA, R.O. & HERMANN, M.L.P. 1986. Geomorfologia. In: **Atlas de Santa Catarina**. Aspectos Físicos. GAPLAN, Rio de Janeiro, pp.31-32.

SILVA, A.B.; BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C. & DILLENBURG, S.R. 2014. Meandering Fluvial System Influencing the Evolution of a Holocene Regressive Barrier in Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 70, 205-210.

SLOSS, L.L.; KRUMBEIN, W.C. & DAPPLES, E.C. 1949. Integrated facies analysis. In: LONGWELL, C.R. (ed). **Sedimentary facies in geologic history**. Geological Society of America Memoir, 39:91-124.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**. 15, 4:273-286.

TOMAZELLI, L.J. & VILLWOCK, J.A. 2005. Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. **GRAVEL**, 3:109-115.

VAIL, P.R.; MITCHUM, R.M., Jr. & THOMPSON, S. III. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap. In: PAYTON, C.E. (ed). **Seismic Stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration**. AAPG Memoir, 26:63-81.

VILLWOCK, J.A. 1972. **Contribuição à geologia do Holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul, Brasil**. Porto Alegre.133p. Dissertação de Mestrado de Geociências. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VILLWOCK, J.A. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A synthesis. **Pesquisas**, 16:5-49.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J.; LOSS, E.L.; DEHNHARDT, E.A.; HORN FILHO, N.O.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. 1986. Geology of Rio Grande do Sul Coastal Province. In: RABASSA, J. (ed.). **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**. A.A. Balkema, Rotterdam. 4:79-97.

VILLWOCK, J.A. & TOMAZELLI, L.J. 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**. CECO, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, n.8, 45p.

WATANABE, D.S.Z. 2016. **Caracterização do Registro Estratigráfico Transicional entre as Porções Transgressivas e Regressivas da Barreira Holocênica, Litoral Norte do RS**. UFRGS, *no prelo*.

ZANINI, L.F.P; BRANCO, P.M.; CAMOZZATO, E.; RANGRAB, G.E.; 1991. **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Folhas Florianópolis e Lagoa, SG.22-ZX-D-V/VI, Estado de Santa Catarina, escala 1:100.000**. Brasília, DNPM/CPRM.

## ANEXO

NOME	LOCALIZAÇÃO	ANTENA	REFLEX	PROCESSAMENTO		PRISM	DIREÇÃO	SENTIDO	DISTÂNCIA (m)
				RADAN (FIR)					
				BR (traços)	HP(MHz)/LP(MHz)				
GAMBOA_0001	Gamboia	80	sim	200	40/150	Ormsby	NNE-SSW	NNE	449.17
GAMBOA_0002	Gamboia	80	sim	200	40/150	Ormsby	E-W	E	289.82
GAMBOA_0003	Gamboia	80	sim	200	40/120	Ormsby	NNW-SSE	NNW	147.57
GAMBOA_0004	Gamboia	80	sim	200	40/120	Ormsby	NW-SE	NW	175.77
GAMBOA_0006	Gamboia	80	sim	200	40/120	Ormsby	N-S	S	73.467
GAMBOA_0007	Gamboia	80	sim	200	40/120	Ormsby	NNE-SSW	SSW	68.855
GAMBOA_0009	Gamboia	80	sim	200	40/120	Ormsby	E-W	E	89.798
GAMBOA_0011	Gamboia	80	sim	200	40/130	Ormsby	NW-SE	SE	100.05
GAMBOA_0013	Gamboia	80	sim	200	40/130	Ormsby	NE-SW	SW	852.56
GAMBOA_0014	Gamboia	80	sim	200	40/120	Ormsby	ESE-WNW	ESE	344.25
GAMBOA_0015	Guarda do Embaú	80	sim	200	40/150	Ormsby	NW-SE	NW	120.0
GAMBOA_0016	Guarda do Embaú	80	sim	200	40/150	Ormsby	NW-SE	SE	224.0
GAMBOA_0017	Guarda do Embaú	80	sim	200	40/150	Ormsby	NW-SE	NW	124.54
GAMBOA_0018	Guarda do Embaú	80	sim	200	40/150	Ormsby	NW-SE	NW	191.27
GAMBOA_0019	Guarda do Embaú	80	sim	200	40/150	Ormsby	NW-SE	SE	178.33
GAMBOA_0020	Guarda do Embaú	80	sim	200	40/130	Ormsby	NW-SE	NW	181.96
GAMBOA_0021	Guarda do Embaú	80	sim	200	40/130	Ormsby	NW-SE	SE	212.48
GAMBOA_0022	Guarda do Embaú	80	sim	200	40/130	Ormsby	NW-SE	NW	328.1?
GAMBOA_0023	Guarda do Embaú	80	sim	200	40/130	Ormsby	NW-SE	NW	101.59
GAMBOA_0024	Gamboia	80	sim	200	40/150	Ormsby	NW-SE	NW	211.81
GAMBOA_0025	Gamboia	80	sim	200	40/150	Ormsby	NE-SW	SW	165.2
GAMBOA_0026	Gamboia	80	sim	200	40/150	Ormsby	N-S	S	299.38
PCANTO_002	Praia do Canto	270	Não	200	40/400	Ormsby	E-W	W	351.386
PCANTO_003	Praia do Canto	270	Não	200	40/400	Ormsby	E-W	E	449.341